

अंक 2 | जून, 2016 | अर्ध वार्षिक | बेंगलूरु

आई वंडर...

रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस

पेज 4

बाह्य अन्तरिक्ष में

ब्रह्माण्ड स्वयं को कैसे प्रगट करता है

अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय का प्रकाशन

No. 134, Doddakannelli
Next to Wipro Corporate Office
Sarjapur Road, Bangalore - 560 035. India
Tel: +91 80 6614 9000/01/02 Fax: +91 806614 4903
www.azimpremjifoundation.org

Also visit Azim Premji University website at
www.azimpremjiuniversity.edu.in

Soft copy can be downloaded from www.azimpremjiuniversity.edu.in/iwonder

यह मूल रूप से अँग्रेज़ी में प्रकाशित आई वंडर...रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस अंक 2,जून 2016 के लेखों का हिन्दी अनुवाद है। इस अंक की सॉफ्ट कॉपी
http://azimpremjiuniversity.edu.in/SitePages/resources-iwonder.aspx से डाउनलोड की जा सकती है।

आई वंडर...
रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस

इमेज सौजन्य

मुख पृष्ठ: Antennae galaxies. NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration, Wikimedia Commons. Image in Public Domain. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Antennae_galaxies_xl.jpg#filelinks.

पिछला आवरण: Pillars of creation 2014. NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA), Wikimedia Commons. Image in Public Domain. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Antennae_galaxies_xl.jpg#filelinks.

हम आभारी हैं
आभारी हैं : हम विशेष रूप से इण्डिया बायोसाइंस, नेशनल सेंटर फॉर बायलोजिकल साइंसेस,बेंगलूरु के सत्यजीत मायॅर, नंदिनी राजमणि एवं स्मिता जैन के आभारी हैं, जिन्होंने इस अंक को तैयार करने में हमें मदद की ।



सम्पादक की मेज़ से

मिडिल स्कूल के विज्ञान शिक्षकों के लिए बनी पत्रिका में विस्मय का क्या काम?

पर जैसा कि जीवविज्ञानी रिचर्ड डॉकिन्स लिखते हैं, विस्मय को दीर्घकाल से 'सभी तरह की वैज्ञानिक पड़तालों का वह सोता' माना गया है जिसने वैज्ञानिकों को इन्द्रधनुष, रात के आकाश और अन्य अनोखी घटनाओं की पड़ताल करने के लिए प्रेरित किया। लेकिन कुछ अध्ययन,जैसे कि नरवानर विज्ञानी जेन गुडॉल के जंगली चिम्पांजियों पर किए गए अध्ययन,दिखाते हैं कि उनके जैसे जानवरों में भी इंसान के बच्चों की तरह विस्मित होने की क्षमता होती है, जैसे किसी खूबसूरत झरने का दृश्य देखकर। क्या इसका यह मतलब हुआ कि इस भाव की हमारी क्षमता हमारे सबसे नजदीकी रिश्तेदारों से बिलकुल अलग नहीं है? या, क्या फ्रांसिस बेकन सही थे जब उन्होंने यह कहा था कि विस्मय ऐसी रहस्यमयी अज्ञानता का परिणाम मात्र है, जिसे सिर्फ़ विज्ञान दूर कर सकता है? ऐसा शायद ही हो! भले ही प्राकृतिक घटनाओं और क्रियाकलापों को देखने पर नरवानरों में हमारी ही तरह विस्मय का भाव उठता है, पर अब हमारे पास इस बात को मानने के कारण हैं कि सांस्कृतिक रूप से परिपक्व, ऐसी प्रजाति होने के नाते, जो जीवित रहने की जद्दोजहद में ही फँसी हुई नहीं है, हमारे पास इस भाव के और अधिक विकसित रूप को महसूस करने, और उसे व्यक्त करने की भी क्षमता है। और यह क्षमता, विज्ञान द्वारा उपलब्ध अनोखी प्रक्रिया और नजरिये के माध्यम से इन घटनाओं और क्रियाकलापों को, जिन्हें चार्ल्स डार्विन ने 'जीवन का यह नजरिया' कहा था, समझने की हमारी लालसा में झलकती है। इसलिए, विस्मय से 'छुटकारा' दिलाना तो दूर की बात है, वैज्ञानिक खोजें तो खुद ही विस्मय से भरी होती हैं, जो प्राकृतिक दुनिया के रहस्य और उसकी भव्यता के प्रति हमारे रोमांच और आनन्द को और गहरा कर देती हैं।

मिडिल स्कूल असाधारण रूपान्तरण का दौर होता है। छोटे बच्चे खूब सारा विस्मय और रोमांच लिए मिडिल स्कूल में बच्चों के रूप में दाखिल होते हैं। और वहाँ से ऐसे किशोरों के रूप में निकलते हैं जिनके पास विज्ञान के विस्मयों को खोजने के अवसर होते हैं, और जो विज्ञान के ध्येय की सार्थकता के स्थायी एहसास के द्वारा प्रेरित हो सकते हैं। ऐसा एहसास, जो पर्यावरण संरक्षणविद रैशेल कार्सन के शब्दों में, 'बाद के वर्षों में कृत्रिम चीजों के साथ व्यस्त बने रहने के कारण होने वाले मोहभंग और ऊब के खिलाफ हमेशा कारगर औषधि की तरह' काम करता है। हम आई वंडर को एक ऐसे प्रयास की तरह देखते हैं जो लेखकों और पाठकों के ऐसे समुदाय को साथ लाता है जो स्कूल के विज्ञान में ऐसे ही सांस्कृतिक बदलाव से जुड़ने के अपने अनुभव को आपस में साझा करने के इच्छुक हैं। यह एक ऐसा बदलाव है जिसके बारे में, सिद्धान्तवादी भौतिकशास्त्री ब्रायन ग्रीन जोर देकर कहते हैं कि 'यह संगीत, कला और साहित्य के साथ विज्ञान को भी जीवन को जीने योग्य बनाने वाले एक अंग के उसके न्यायसंगत स्थान पर रखता है।'

हमारे दूसरे अंक के दोनों छोर पर ऐसे दो विषय हैं जो विस्मय के इस भाव का उत्सव मनाते हैं। **अन्तर्क्रियाएँ खण्ड** का पूरा आशय ही दृष्टिकोणों से है, एक-दूसरे के नजरियों से अवगत होना, पाठकों को ऐसी वैज्ञानिक व्याख्याओं के चश्मे से दुनिया को देखने के लिए आमंत्रित करना जो भिन्न दिखने वाली घटनाओं को एकीकृत करके उन्हें एक अखण्ड रूप दे देती हैं। हम इस अंक में संसार के आधारभूत बलों ('बुनियादी चार' तथा 'पदार्थों की अन्तर्क्रियाएँ') और संकेतों ('रासायनिक पारिस्थितिकी : प्रकृति की भाषा में बात करना', तथा 'तंत्रिका तंत्र का निर्माण कैसे होता है') की छानबीन कर रहे हैं जो आकाशगंगाओं जैसे सुदूर तंत्रों (बाह्य अन्तरिक्ष में अन्तर्क्रियाएँ) से लेकर सर्वव्यापी जुकाम से निपटने वाले हमारे प्रतिरक्षा तंत्र (वायरस से हाथ मिलाना) जैसे एकदम निकट के तंत्रों तक की गतिकी और आचरण का स्वरूप तय करते हैं।

दूसरी तरफ, **जीवविज्ञान में उभरती प्रवृत्तियाँ खण्ड** का ज्यादा सम्बन्ध कार्यप्रक्रिया से है। किस तरह जीवविज्ञान के बड़े सवाल और उससे सम्बन्धित पद्धतियों में होने वाली महत्त्वपूर्ण खोजें भविष्य की वैज्ञानिक खोजों के दायरे को और इस शाखा की प्रकृति को तय करते हैं? हम आपको इस अंक में स्मृतियों (हम वही होते हैं जो हमें याद होता है) के बारे में, आँत के जीवाणुओं के साथ हमारे सम्बन्धों (हमारे संग साथी हैं) के बारे में और क्रम विकास के इतिहास से सम्बन्धित आनुवांशिकी संकेतों (जीवन के इतिहास की पुनर्रचना) के बारे में हमारी नवीनतम समझ की एक झलक दे रहे हैं।

विज्ञान में नए दृष्टिकोणों और विचारों को लाने के लिए जारी एक प्रयास के रूप में यह अंक उन्नीस नए लेखकों तथा तीन नए खण्डों - 'शोध से अभ्यास तक', 'विज्ञान शिक्षक का काम', 'विज्ञान संचार' - को भी प्रस्तुत कर रहा है। चलिए अब आप इस अंक में डुबकी लगाएँ! और हाँ, हमें इस ई-पते iwonder.editor@azimpremjifoundation.org पर अपनी प्रतिक्रियाएँ भेजना न भूलें।.

चित्रा रवि

सह-सम्पादक



इस अंक में



अन्तर्क्रियाएँ

दस बातें जो आपको शायद पता नहीं

विज्ञान की प्रकृति

कुछ इधर की/ कुछ उधर की

मैं एक वैज्ञानिक हूँ

विज्ञान प्रयोगशाला

शोध से अभ्यास तक

आई वंडर...



बाह्य अन्तरिक्ष में

ब्रह्माण्ड स्वयं को कैसे प्रगट करता है

आनन्द नारायणन

अन्तरिक्ष की अन्तर्क्रियाएँ, अजनबी संसारों की खोज तथा आकाशगंगाओं के निर्माण और विकास से लेकर ब्रह्माण्ड के स्याह पहलू की हकीकत तक, ब्रह्माण्ड के अनेक रहस्यों को खोलने की स्वर्णिम चाबी जैसी रही हैं। यह लेख अलग-अलग उदाहरणों के माध्यम से इस बात को रेखांकित करता है कि किस तरह बाह्य अन्तरिक्ष के पिण्डों की अन्तर्क्रियाओं ने अपने आसपास की दुनिया को समझने की हमारी प्रबल आकांक्षा को निरन्तर पूरा किया है।

अन्तरिक्ष एक एकाकी जगह है। बहुत हद तक, निपट खालीपन ही तारों को एक-दूसरे से अलग किए हुए है। इस बात को समझने के लिए कि ब्रह्माण्ड में चीजें एक-दूसरे से कितनी दूर हैं, इस उदाहरण पर गौर करें। एक लगातार फैलते हुए गोले के केन्द्र के रूप में सूर्य की कल्पना करें। इस काल्पनिक गोले को 38,000,000,000,000 किलोमीटर की त्रिज्या तक फैलते जाना होगा, तब कहीं जाकर वह अपने सबसे **निकटतम** तारे को छू सकेगा। और यहाँ तक कि अगर इस गोले में प्रकाश की रफ्तार से विस्तार हो तो भी ऐसा होने में कम से कम लगभग 4 साल का समय लगेगा!

तारों के बीच में जो पदार्थ मौजूद है, वह बहुत बिखरा हुआ है। इंटरस्टैलर (तारों के बीच की जगह का) पदार्थ इतना बिखरा हुआ है कि इस पदार्थ में औसतन प्रति घन सेण्टीमीटर बमुश्किल लगभग 1 परमाणु होता है। यह धरती पर प्रयोगशालाओं में निर्मित किए जाने वाले सर्वश्रेष्ठ निर्वात से भी मोटे तौर पर हजार गुना ज्यादा महीन होता है। आश्चर्यचकित कर देने वाली इतनी छोटी संख्याओं के आधार पर यह आसानी से सोचा जा सकता है कि अन्तरिक्ष एक नितान्त शान्त दुनिया है जहाँ सब कुछ एक-दूसरे से पृथक है।

दिलचस्प बात यह है कि ब्रह्माण्ड भले ही कोई बड़ी खलबली की जगह न हो, लेकिन यह निष्क्रिय जगह भी नहीं है। इस उजाड़ लगने वाले अन्तरिक्ष में भी कई अन्तर्क्रियाएँ होती हैं, जो अक्सर बहुत महत्त्वपूर्ण होती हैं।

ये अन्तर्क्रियाएँ, ब्रह्माण्ड के सबसे व्यापक बलों में से एक के परिणामस्वरूप सम्भव होती हैं। यह आकर्षण बल पृथ्वी के साथ-साथ अन्तरिक्ष में भी मौजूद है। यह द्रव्यमान वाले किन्हीं भी दो पिण्डों के बीच काम कर सकता है फिर चाहे वे कण हों, लोग हों या ग्रह। कोई भी दो पिण्ड इस बल को महसूस करें इसके लिए यह जरूरी नहीं कि वे एक-दूसरे के भौतिक सम्पर्क में आएँ। यह बल चीजों के बीच में विराट दूरियाँ होने पर भी काम करता है। अब तक आपने अनुमान लगा लिया होगा कि हम गुरुत्वाकर्षण बल की बात कर रहे हैं, जो ब्रह्माण्ड के चार आधारभूत बलों में से एक है (**बॉक्स 1** देखें)। खगोलीय अन्तर्क्रियाएँ हमारे लिए ज्यादा स्पष्ट नहीं होतीं क्योंकि एक तो, वे अन्तरिक्ष की गहराइयों में, हमारी सामान्य नजर से बहुत दूर घटित होती हैं। दूसरे, समय के जिन पैमानों पर ये क्रियाएँ घटित होती हैं वे सैकण्ड, मिनिट, घण्टों या कुछ दिनों के क्रम वाले नहीं होते, जैसा कि हम बाद में देखेंगे। कुछ अन्तर्क्रियाएँ तो इतनी धीमी होती हैं कि उनका परिणाम जानने के लिए मनुष्यों के कई जीवनकाल लग जाएँगे। फिर भी वैज्ञानिकों ने इन अन्तर्क्रियाओं को समझने के लिए बहुत मशक्कत की है, न सिर्फ इसलिए कि इन्हें जानना बहुत रोचक है, बल्कि इसलिए भी कि इनसे हमें ऐसी बहुत उपयोगी अन्तर्दृष्टियाँ मिलती हैं जो दिखाती हैं कि हमारा ब्रह्माण्ड कैसे काम करता है। यह लेख ऐसी अन्तरिक्षीय अन्तर्क्रियाओं वाले कुछ अलग-अलग परिदृश्यों को उजागर करता है जो विभिन्न भौतिक पैमानों पर घटित होती हैं, खगोलीय रूप से बहुत छोटे से लेकर बहुत बड़े पैमाने पर, और बहुत नजदीक से लेकर बहुत दूर तक।

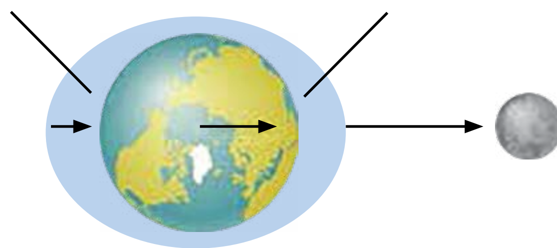
हमारे पड़ोस में ही होने वाली अन्तर्क्रियाएँ

आइए हम एक सरल और परिचित उदाहरण के साथ बात शुरू करें।

400,000 किलोमीटर की दूरी पर स्थित चन्द्रमा एक ऐसी जगह है जो हमसे बहुत दूर नहीं है। जिन खगोलीय पिण्डों से हम परिचित हैं, उनमें (सूर्य के साथ ही) चन्द्रमा का पृथ्वी के जीवन पर सबसे गहरा असर होता है। जो लोग समुद्रों के तटीय इलाकों में रहते हैं, वे इस बात को भलीभाँति जानते हैं कि किस तरह प्रतिदिन दो बार समुद्र में आने वाला ज्वार-भाटा प्रबल होता है और हर महीने अमावस्या के दिन बहुत आक्रामक रूप धारण कर लेता है। रोचक बात यह है कि लहरों के इस उतार-चढ़ाव का महासागर से जुड़ी किसी बात से कोई बहुत लेना-देना नहीं है। ज्वार और भाटे का संयोगवश चन्द्रमा की कुछ खास अवस्थाओं के दौरान होना यह दर्शाता है कि चन्द्रमा की पृथ्वी के साथ होने वाली अन्तर्क्रिया ही ज्वार-भाटों के अस्तित्व का आधार है (**चित्र 1** देखें)। यह अन्तर्क्रिया गुरुत्वाकर्षण बल के माध्यम से ही होती है।

बॉक्स 1: भौतिकशास्त्रियों ने प्रकृति के बलों को चार आधारभूत श्रेणियों में बाँट दिया है। ये हैं कमजोर बल, शक्तिशाली बल, विद्युत चुम्बकीय बल और गुरुत्वाकर्षण बल। इनमें से कमजोर तथा सशक्त बलों का महत्त्व तभी है जब हम परमाणु से भी छोटे आकार के पैमानों वाली अन्तर्क्रियाओं की बात कर रहे हों। दूसरी तरफ, गुरुत्वाकर्षण (और विद्युत चुम्बकीय बल) विराट दूरियों पर भी काम करते हैं - बहुत पास से लेकर बहुत दूर तक, और सभी तरह के पिण्डों के बीच - परमाणविक कणों से लेकर विशाल आकाशगंगाओं तक। गुरुत्वाकर्षण की यह विशेषता उसे हमारे भौतिक ब्रह्माण्ड का स्वरूप तय करने वाला और उसके विकास के क्रम को तय करने वाला प्रमुख बल बनाती है। गुरुत्वाकर्षी अन्तर्क्रिया हमें ब्रह्माण्ड की विशेषताओं का बहुत विस्तार से अध्ययन करने का मौका देती है।

चार आधारभूत बलों के बारे में एक छोटा-सा वर्णन यहाँ देखें: http://www.quirkyscience.com/four-fundamental-forces/ या यहाँ पर http://shasthram.com/youngscientist/fundamental-forces-of-nature



चित्र 1: चन्द्रमा के गुरुत्वाकर्षण के परिणामस्वरूप पृथ्वी पर ज्वार-भाटे की उत्पत्ति। स्रोत: बैनेट एवं अन्य।

पृथ्वी के पास वाले भाग (यानी पृथ्वी का जो भाग अपेक्षाकृत चन्द्रमा के करीब है) पर स्थित महासागर का पानी चन्द्रमा के गुरुत्वाकर्षण के कारण खिंचता है, इसलिए महासागर में पानी का उभार आता है। लेकिन उसी समय इस पानी को पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण वापस अपनी तरफ खींचता है जिसके कारण यह पानी ऊँची-ऊँची लहरों के रूप में समुद्र तट पर प्रहार करता है।

दिलचस्प बात यह है, कि ऐसा ही उभार पृथ्वी के दूसरे भाग में भी पैदा होता है। पास वाले भाग के विपरीत, यह उभार इनर्शिया (जड़ता) के कारण पैदा होता है। ठोस पदार्थों की प्रकृति के विपरीत, पानी की गति मन्द होती है। अगर आप कभी पानी भरे कप के साथ खेले हैं तो आपने यह देखा होगा। जब आप कप को आगे लाते हैं तो उसमें रखा पानी पीछे रुके रहने की चेष्टा करता है। इसी प्रकार, गुरुत्वाकर्षण के कारण पृथ्वी चन्द्रमा की ओर खिंचाव महसूस करती है, पर महासागर का पानी अपने स्थान पर बने रहने की कोशिश करता है। इसके परिणामस्वरूप दूर वाले भाग (पृथ्वी का वह भाग जो चन्द्रमा के सम्मुख नहीं है) में भी ज्वारीय उभार आता है।

पृथ्वी के घूर्णन से यह सुनिश्चित हो जाता है कि सभी भौगोलिक स्थानों पर दिन-रात के चक्र में एक बार ये दो ज्वारीय उभार आते हैं (**चित्र 2** देखें)। इस प्रकार पृथ्वी की हर एक तटरेखा पर 24 घण्टे में दो बार ज्वार आता है। जाहिर है, सभी तटरेखाओं पर ज्वार की तीव्रता एक-सी तो नहीं होती। ज्वार की तीव्रता तटरेखा की आकृति, हवा की तीव्रता, महासागर में जल प्रवाह तथा अन्य स्थानीय कारकों पर निर्भर करती है। हमने ज्वार-भाटों की उत्पत्ति के इन कारकों में से केवल सबसे प्रभावी कारकों को ही समझाने का प्रयास किया है।

पृथ्वी और सूर्य के बीच होने वाली गुरुत्वाकर्षण क्रिया के बारे में क्या कहा जा सकता है? क्या पृथ्वी पर उठने वाले ज्वार-भाटे पर उसका असर नहीं होता? हमें पता चलता है कि ज्वार-भाटे के उतार-चढ़ाव में सूर्य की भूमिका अपेक्षाकृत कम होती है। हालाँकि सूर्य चन्द्रमा से लाख गुना बड़ा है, लेकिन पृथ्वी पर सूर्य का गुरुत्वाकर्षण खिंचाव चन्द्रमा की तुलना में सिर्फ एक तिहाई है जिसका कारण है सूर्य की हमसे अत्यधिक दूरी (**बॉक्स 2** देखें)।

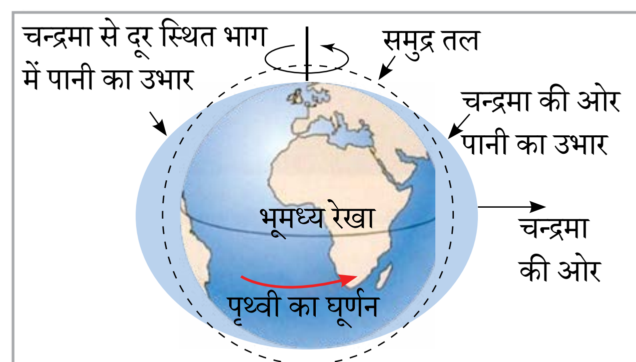
दिलचस्प बात है कि जब सूर्य और चन्द्रमा पृथ्वी के एक ही तरफ एक रेखा में होते हैं (जैसा कि **चित्र 3** में दिखाया गया है) तो ज्वार-भाटे ज्यादा तीव्र हो जाते हैं। ऐसा इसलिए है क्योंकि इस समय पृथ्वी पर एक ही दिशा से चन्द्रमा और सूर्य, दोनों के गुरुत्वाकर्षण बल लगते हैं। ऐसा हर अमावस्या पर होता है, इसलिए वर्ष के इन समयों पर आने वाले ज्वार-भाटे अधिकतम तीव्रता लिए होते हैं।

अनजान दुनियाओं की तलाश में मदद करने वाली अन्तर्क्रियाएँ

अपने सौर मण्डल के नजदीकी पहुँच वाले दायरों से आगे बढ़कर हम एक अलग उदाहरण, एक अलग भौतिक पैमाने की ओर अपना ध्यान करते हैं जहाँ खगोल-भौतिकीय पिण्डों के बीच गुरुत्वाकर्षण की अन्तर्क्रिया को देखने के द्वारा सौर मण्डल से बाहर की दुनियाओं की रोमांचक खोजें हुई हैं, इनमें से कुछ पृथ्वी के जैसी हैं और कुछ बहुत अलग हैं।

मानव जाति की हमेशा से ही जिन बड़े सवालों में रुचि रही है, उनमें सबसे रोचक सवाल यही है कि क्या हम इस ब्रह्माण्ड में अकेले हैं? क्या पृथ्वी की सीमाओं के बाहर भी जीवन की उत्पत्ति और विकास हो सकता है? क्या सौर मण्डल के बाहर जीवन से भरे दूसरे संसार हो सकते हैं? मनुष्यों की पीढ़ियों ने इस तरह के सवालों पर अटकलें लगाई हैं। पर पिछले 20 वर्षों में ही इन सवालों के जवाब देने के वैज्ञानिक प्रयास हुए हैं।

वर्तमान में, हमारे पास पृथ्वी के परे जीवन होने (या न होने) के कोई ठोस प्रमाण नहीं हैं। पर वैज्ञानिकों को इस बात का एहसास है कि जीवन का पहला संकेत पृथ्वी के बाहर ऐसा वातावरण खोज लेने से मिल सकता है जो कि जीवन के लिए उपयुक्त हो। जैसा कि हम जानते हैं जीवन के लिए किसी ग्रह के सुकून भरे परिवेश की जरूरत होती है - एक मोटी परत वाला वायुमण्डल, तरल पानी की उपलब्धता तथा किसी तारे से प्रकाश और ऊष्मा के रूप में ऊर्जा का कोई स्थाई स्रोत। इन आधारों को दिमाग में रखते हुए अन्यत्र स्थान पर जीवन की तलाश वर्तमान में तारों के आसपास स्थित ग्रहों की खोज करने पर केन्द्रित है।



चित्र 2 : पृथ्वी के घूमने से यह सुनिश्चित हो जाता है कि सभी भौगोलिक स्थानों पर ज्वार आता है।

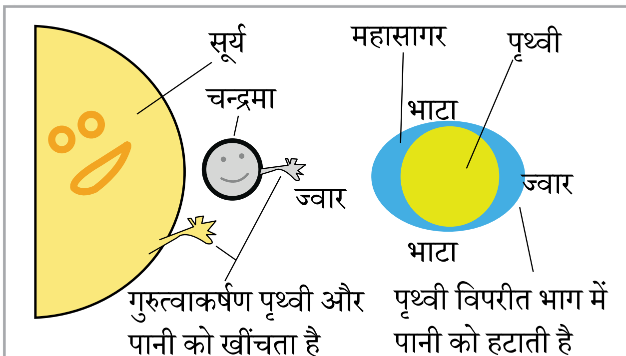
बॉक्स 2: गुरुत्वाकर्षण बल हमेशा ही आकर्षित करते हैं। दो या दो से अधिक वस्तुओं के बीच गुरुत्वाकर्षण का बल उनमें से प्रत्येक वस्तु के द्रव्यमान पर और उनके बीच की दूरी पर निर्भर करता है। इसे गणितीय रूप से इस प्रकार व्यक्त किया जाता है:

$$F = G\,M\,m/r^2$$

यहाँ M और m दोनों वस्तुओं के द्रव्यमान हैं और r उनके बीच की दूरी है। G एक नियतांक है जिसे सार्वभौमिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक कहते हैं। इस समीकरण से यह स्पष्ट है कि दो वस्तुओं के बीच दूरी बढ़ने से उनके बीच का गुरुत्वाकर्षण बल कमजोर पड़ता है। इसी प्रकार, यदि वस्तुओं का द्रव्यमान कम है (उदाहरण के लिए, परमाणु) तो उनके एक-दूसरे के बहुत पास होने के बावजूद उनके बीच का गुरुत्वाकर्षण बल कमजोर होता है।

विद्यार्थियों के लिए प्रस्तावित कार्य: M और m को स्थायी मूल्यों के रूप में रखते हुए और G = 1 मानते हुए विद्यार्थियों से एक आलेख बनाने को कहें जो यह दर्शाता हो कि दो द्रव्यमानों के बीच दूरी बढ़ने से उनके बीच के गुरुत्वाकर्षण बल में किस प्रकार परिवर्तन होगा। इस कार्य को एक्सेल शीट पर किया जा सकता है।

सौर मण्डल से इतर ग्रहों (सौर मण्डल के बाहर के ग्रह जिन्हें गैर-सौरीय ग्रह भी कहा जाता है) को तलाशना बहुत चुनौतीपूर्ण कार्य है। पहले तो, सबसे नजदीकी तारे भी हमसे कई प्रकाश वर्ष की दूरी पर हैं (प्रकाश वर्ष वह दूरी है जो यात्रा करता हुआ प्रकाश एक वर्ष में पूरी करता है। खाली स्थान में प्रकाश प्रति सैकण्ड 300,000 किलोमीटर की रफ्तार से जाता है। हम आसानी से गणना कर सकते हैं कि एक प्रकाश वर्ष में कितने किलोमीटर होंगे)। इतनी दूरियों पर तारे ही, दूरबीनों से देखने पर भी, बिन्दुओं की तरह ही दिखते हैं, उनके ग्रहों की तो बात ही छोड़ दें, जो सामान्यतः उनसे कुछ सौ गुना से लेकर कुछ हजार गुना तक छोटे होते हैं। दूसरे, एक तारा किसी ग्रह से अरबों गुना ज्यादा चमकदार होता है। इसका अर्थ यह हुआ कि बहुत दूर स्थित किसी तारा-ग्रह मण्डल के किसी एक तारे से हमें मिलने वाले हर एक अरब फोटोनों (प्रकाश कणों) की अपेक्षा उसके किसी ग्रह से एक फोटोन प्राप्त होता है। इसमें आने वाली कठिनाइयों का फर्क वैसा ही है जैसे किसी फ्लड लाइट (तारे) के करीब किसी जुगनू (ग्रह) की तलाश करना।



चित्र 3 : सबसे तीव्र ज्वार अमावस्या के चरण के दौरान बनते हैं जब चन्द्रमा और सूर्य पृथ्वी के एक ही ओर स्थित होते हैं।

इसलिए दूरबीन और कैमरे से किसी गैर-सौरीय ग्रह की तस्वीर खींचना काफी मुश्किल होता है। क्या इसका यह मतलब है कि हम सौर मण्डल के परे कभी अन्य ग्रहों को नहीं खोज पाएँगे? सौभाग्य से ऐसा नहीं है! किसी ग्रह और उसके मेजबान तारे के बीच होने वाली अन्तर्क्रियाएँ हमें उन्हें खोजने के अन्य विकल्प देती हैं।

पृथ्वी के महासागरों पर चन्द्रमा और सूर्य के प्रभाव को समझने के लिए नेब्रास्का विश्वविद्यालय के द्वारा ज्वार-भाटों पर बनाए गए इस इन्टरैक्टिव एनिमेशन को देखें:
http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/tidesim.html.

हम किसी तारा-ग्रह मण्डल की यह विशेषता मानते हैं कि उसमें ग्रह तारे के चक्कर लगाता है। लेकिन गुरुत्वाकर्षण क्रिया दोनों तरफ होती है। ग्रह भी तारे पर कुछ गुरुत्वाकर्षण बल लगाएगा। यदि ग्रह पर्याप्त बड़ा हो और तारे के नजदीक हो, तो यह बल तारे को अपने स्थान से खिसकाने के लिए पर्याप्त होता है (**बॉक्स 2** देखें)।

यह इस तरह से होता है: किसी भी तारा-ग्रह मण्डल में, तारा और ग्रह एक साझे केन्द्र के इर्दगिर्द चक्कर लगाते हैं। यह साझा केन्द्र वह बिन्दु होता है जहाँ तारे और ग्रह के द्रव्यमान का सन्तुलन समान होगा जैसे कि वे किसी सी-सॉ झूले पर हों। यह

साझा केन्द्र द्रव्यमान का केन्द्र कहलाता है (**बॉक्स 3** देखें)। द्रव्यमान का केन्द्र तारे के केन्द्र से अलग हो सकता है। जैसे ग्रह तारे के चक्कर लगाता है, तारा एक नियत अवधि में द्रव्यमान के केन्द्र का चक्कर लगाता है। जब उसे पृथ्वी पर दूरबीन से देखा जाता है तब यह तारा आगे-पीछे डोलता नजर आता है। तारे के इस डगमगाने का ध्यान से आकलन करने पर खगोल विशेषज्ञ गैर-सौरीय ग्रहों की बुनियादी विशेषताओं, जैसे द्रव्यमान, तारे का पूरा चक्कर लगाने में उसे लगने वाला समय, तारे से उसकी कक्षीय दूरी इत्यादि का अनुमान लगाने में सफल हुए हैं। ध्यान रखने योग्य बात यह है कि हम गैर-सौरीय ग्रह को सीधे नहीं देख रहे हैं, बल्कि हम तारे के साथ उस ग्रह की गुरुत्वाकर्षण क्रिया के प्रभाव का अवलोकन करके उसकी उपस्थिति का अनुमान लगा रहे हैं।

इन तकनीक का इस्तेमाल करते हुए 1995 में खगोल विशेषज्ञों ने सौर मण्डल के बाहर पहला ग्रह खोजा। यह ग्रह 51 पेगासी नामक तारे के पास खोजा गया जो हमसे 50 प्रकाश वर्ष की दूरी पर स्थित है। तब से गैर-सौरीय ग्रहों की खोज में जबरदस्त इजाफा हुआ है। आज हमें सौर मण्डल की सीमाओं के बाहर के 2000 से अधिक ग्रहों के अस्तित्व के बारे में पता है, जो हमारी आकाशगंगा के विभिन्न तारों के चक्कर लगाते रहते हैं। इनमें से अधिकांश खोजें इसलिए हो पाईं क्योंकि हम आसपास के ग्रहों के साथ तारों की गुरुत्वाकर्षण क्रिया के कारण उनमें होने वाली डगमगाहट का अवलोकन कर पाए।

खगोल विशेषज्ञों की अब यह राय है कि हमारे ब्रह्माण्ड में ग्रह व्यापक रूप से फैले हैं। अधिकांश तारे ऐसे हैं जिनके चारों ओर एक या अधिक ग्रह चक्कर लगाते हैं। इन ग्रहों की खोज करना बस ध्यान से किए जाने वाले अवलोकनों पर निर्भर करता है।

गैर-सौरीय ग्रहों की वैज्ञानिक खोजों में हाल के समय में आई तेजी ने ब्रह्माण्ड के किसी अन्य कोने में जीवन को खोजने की सम्भावनाओं की आशाओं और उसके लोकप्रिय प्रचार को फिर से जिन्दा कर दिया है। अगर हमारे ब्रह्माण्ड में ग्रहों का अस्तित्व उतना ही आम है जितना कि तारों का तो क्या ऐसा नहीं हो सकता है कि उनमें से कोई एक ग्रह पृथ्वी जैसा हो जहाँ संरक्षित वायुमण्डल हो, सतह पर तरल पानी हो और जटिल जीवन के लिए जरूरी अन्य परिस्थितियाँ हों? अगर ऐसी मददगार परिस्थितियाँ हों तो क्या उन संसारों में जीवन स्वाभाविक रूप से विकसित हो सकता है? क्या इन अजनबी दुनियाओं में ऐसे संवेदनशील जीव हो सकते हैं जो हमारी तरह ऐसे गहरे प्रश्न पूछ रहे हों? अभी तो हम इस बारे में नहीं जानते लेकिन भला हो गुरुत्वाकर्षण की अन्तर्क्रियाओं का कि हम इतना तो जान गए हैं कि सौर मण्डल के परे भी ऐसे संसार हैं जिनमें जीवन की सम्भावना है। इस तरह हम अपने उत्तर के एक कदम और नजदीक तो पहुँचे हैं।

आकाशगंगाएँ और उनकी उग्र अन्तर्क्रियाएँ

गैर-सौरीय ग्रहों से आगे निकलकर आइए हम आकाशगंगाओं के पैमाने की यात्रा पर चलते हैं और बहुत ज्यादा बड़े पैमाने पर होने वाली और अधिक नाटकीय अन्तर्क्रियाओं को देखते हैं। आकाशगंगाएँ तारों का बहुत बड़ा संग्रह होती हैं। हमारी मिल्की वे आकाशगंगा जैसी आकाशगंगा में सामान्यतः कुछ सौ अरब तारे होते हैं। हमारे ब्रह्माण्ड में ऐसी असंख्य आकाशगंगाएँ हैं जो आकार, आकृति और चमक में एक-दूसरे से बहुत अलग हैं। खगोल विशेषज्ञ इस बात को समझने में बहुत-सा वक्त लगाते हैं कि विभिन्न आकाशगंगाओं ने अपनी आकृतियाँ किस तरह प्राप्त कीं (**बॉक्स 4** देखें)।

अन्तरिक्ष के विराट विस्तार में कुछ आकाशगंगाएँ अलग-थलग हैं जबकि अधिकांश आकाशगंगाएँ समूहों में सिमटी हुई रहती हैं। कुछ करोड़ प्रकाश वर्षों के विस्तार में कई हजार आकाशगंगाओं का एक साथ होना सामान्य बात है (**चित्र 5** देखें)। उनके आपस के गुरुत्वाकर्षण बल की वजह से ये आकाशगंगाएँ इस तरह एक साथ पाई जाती हैं। आकाशगंगाओं के ऐसे संग्रहों को आकाशगंगा क्लस्टर कहते हैं। हमारे ब्रह्माण्ड में ऐसे बहुत से क्लस्टर हैं।

एक क्लस्टर के भीतर मौजूद प्रत्येक आकाशगंगा को क्लस्टर में ही मौजूद दूसरी आकाशगंगाओं के द्वारा खींचा जाता है। इसका मतलब यह हुआ कि ये आकाशगंगाएँ स्थिर नहीं रह सकतीं। वे किसी भी दिशा में घूमती रहती हैं, और उन पर निरन्तर क्लस्टर की दूसरी आकाशगंगाओं का समेकित गुरुत्वाकर्षण बल लगता रहता है।

भीड़भाड़ वाले वातावरण में गति करने के परिणामस्वरूप कई बार अप्रिय परिदृश्य पैदा हो जाते हैं। जैसे दो या उससे अधिक आकाशगंगाएँ एक-दूसरे से टकरा सकती हैं। ऐसी 'मुठभेड़ों' का परिणाम अक्सर शानदार होता है। खगोल विशेषज्ञों को क्लस्टर के भीतर ऐसी अन्तर्क्रियाएँ करने वाली आकाशगंगाओं के कई उदाहरणों का पता चला है (**बॉक्स 5** देखें)। आकाशगंगाओं के बीच होने वाली ऐसी अन्तर्क्रियाओं को कभी-कभी टक्कर भी कह दिया जाता है, हालाँकि इन अन्तर्क्रियाओं को व्यक्त करने के लिए यह बहुत सही शब्द नहीं है। 'टक्कर' से दिमाग में बहुत ही उग्र और जल्दी घटित होने वाली घटना का चित्र उभरता है।

बॉक्स 3: दो पिण्डों के तंत्र में द्रव्यमान का केन्द्र कहाँ स्थित होता है, इसे समझने के लिए नीचे दिए गए उदाहरण पर गौर करें। एक से द्रव्यमान के दो गोले लें। यदि इन गोलों को किसी छड़ के दोनों सिरों पर टाँग दिया जाता तो आप दोनों गोलों के द्रव्यमान को समान रूप से सन्तुलित करने के लिए छड़ को कहाँ सहारा देते? सहज बुद्धि हमें बताती है कि यह सहारा हमें दोनों गोलों के बिलकुल बीच में, यानी कि छड़ के बीच में देना होता।

तब क्या होगा अगर एक गोले का द्रव्यमान दूसरे से 10 गुना अधिक हो? तब सन्तुलन बनाने के लिए आपको छड़ को, ज्यादा द्रव्यमान वाले गोले के 10 गुना ज्यादा करीब सहारा देना होगा। अगर आपने किसी अन्य बिन्दु पर सहारा दिया तो आपकी व्यवस्था स्थिर नहीं रहेगी।

गणितीय रूप से, द्रव्यमान का केन्द्र वह बिन्दु होता है जहाँ:

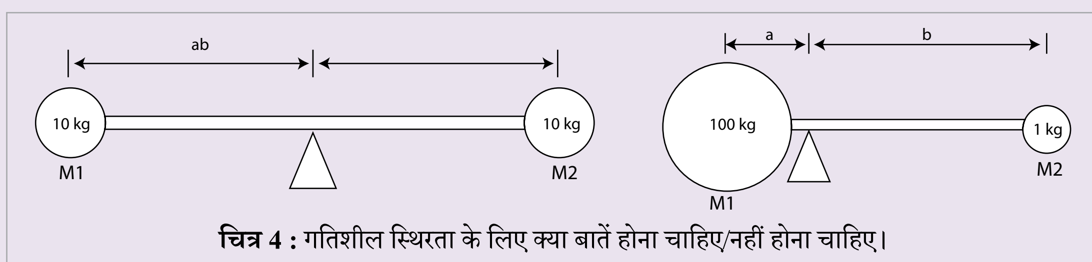
वस्तु 1 का द्रव्यमान × वस्तु 1 से द्रव्यमान के केन्द्र की दूरी = वस्तु 2 का द्रव्यमान × वस्तु 2 से द्रव्यमान के केन्द्र की दूरी

$$m \times a = M \times b$$

आइए अब हम एक तारा-ग्रह मण्डल को समझते हैं। एक सामान्य तारा-ग्रह मण्डल में तारे का द्रव्यमान ग्रहों से कई हजार गुना अधिक होगा। इसलिए द्रव्यमान के केन्द्र को कम द्रव्यमान वाले ग्रह की तुलना में तारे के नजदीक रहना होगा ताकि यह सन्तुलन बना रह सके।

इस समीकरण से हम समझ सकते हैं कि द्रव्यमान के केन्द्र की स्थिति ग्रह के द्रव्यमान के साथ तारे के द्रव्यमान के अनुपात पर निर्भर करेगी। वह यह अनुपात जितना अधिक होगा, द्रव्यमान का केन्द्र तारे के उतना ही नजदीक होगा। कुछ मामलों में, वह यह अनुपात ऐसा होगा कि द्रव्यमान का केन्द्र तारे के भीतर ही होगा।

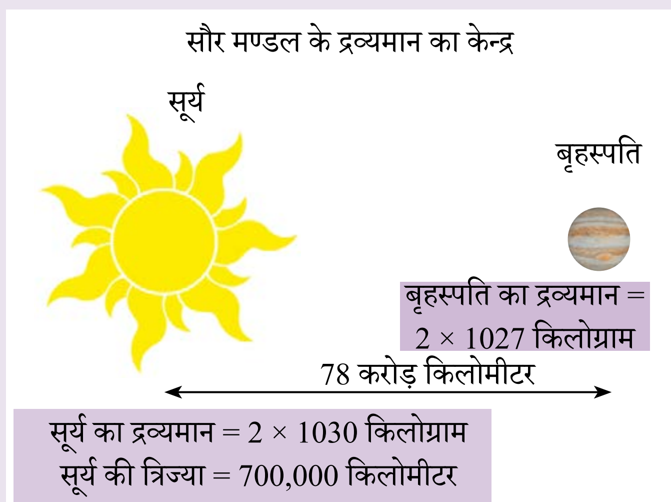
चूँकि तारे और ग्रह द्रव्यमान के केन्द्र के चारों ओर घूमते हैं इसलिए कम द्रव्यमान वाले ग्रह की कक्षा बड़ी होगी और अधिक द्रव्यमान वाले तारे की कक्षा छोटी। यह व्यवस्था गतिशील रहते हुए भी स्थिर रहे, इसके लिए जरूरी है कि तारा और ग्रह हर समय द्रव्यमान के केन्द्र की विपरीत दिशाओं में रहें (**चित्र 4** देखें)। ऐसा होने के लिए, यह जरूरी है कि द्रव्यमान के केन्द्र का एक चक्कर पूरा करने का उनका समय एक-सा हो। दूसरे शब्दों में, ग्रह को तेज गति से चक्कर लगाना होगा और तारे को धीमी गति से।



चित्र 4 : गतिशील स्थिरता के लिए क्या बातें होना चाहिए/नहीं होना चाहिए।

द्रव्यमान के केन्द्र के सिद्धान्त को समझने के लिए इस वेबसाइट पर दिए गए एक इंटरैक्टिव उपकरण की मदद लें : http://astro.unl.edu/naap/esp/centerofmass.html और तारे के डगमगाने को समझने के लिए तथा खगोल विशेषज्ञ किस तरह इसका उपयोग गैर-सौरीय ग्रहों को खोजने के लिए करते हैं, इसे समझने के लिए इस लिंक पर दिया हुआ एक व्याख्यात्मक वीडियो देखें: https://www.youtube.com/watch?v=rN7uuqLKv0I

प्रस्तावित गतिविधि : किसी भी मण्डल के द्रव्यमान के केन्द्र का पता लगाना आसान है। उदाहरण के तौर पर, सौर मण्डल के द्रव्यमान के केन्द्र का पता लगाने की कोशिश करें। इस गणना को सीधा-सरल रखने के लिए केवल सौर मण्डल के दो सबसे ज्यादा द्रव्यमान वाले पिण्डों के बारे में सोचें, अर्थात सूर्य और बृहस्पति (जुपीटर) ग्रह। बृहस्पति, जो पृथ्वी की तुलना में तो एक बहुत बड़ा ग्रह है, लेकिन फिर भी उसका द्रव्यमान सूर्य की तुलना में हजार गुना कम है। इसलिए हम यह अपेक्षा कर सकते हैं कि सौर मण्डल के द्रव्यमान का केन्द्र सूर्य के नजदीक होना चाहिए। ग्राफिक्स में दी गई जानकारी का उपयोग करते हुए पता लगाएँ कि सौर मण्डल के द्रव्यमान का केन्द्र कहाँ होगा।



जबकि वास्तविकता में, आकाशगंगाओं के बीच होने वाली अन्तर्क्रियाएँ धीमी और अधिकांशतः बहुत उग्र नहीं होतीं।

आकाशगंगाएँ एक बहुत बड़ा ढाँचा होती हैं जिसमें तारों के बीच बहुत-सी खाली जगह होती है। जब वे एक-दूसरे से टकराती हैं तो उनके तारों के एक-दूसरे से टकराने की सम्भावना कम ही रहती है। बल्कि पृथ्वी के महासागरों में आने वाले ज्वार-भाटों की तरह, गुरुत्वाकर्षण बल अन्तरतारकीय गैस के बादलों और तारों को उनके स्थान से खींच लेते हैं, जिसके कारण लम्बी पूँछों, धाराओं और कलगियों जैसी आकृतियाँ बन जाती हैं (याद रखें कि गुरुत्वाकर्षण बिना भौतिक सम्पर्क के लम्बी दूरियों तक काम कर सकता है)। यह एक गुरुत्वाकर्षणीय हाथापाई जैसा है, एक तरह से ज्वारीय अन्तर्क्रिया में शामिल किसी भी आकाशगंगा को धीरे-धीरे फाड़ने के जैसा।

इसलिए खगोल विशेषज्ञ इस तरह की अन्तर्क्रियाओं को विलय कहना पसन्द करते हैं। टाइडल टेल्स (जैसा कि **चित्र 6** में देखा जा सकता है) अन्तर्क्रियाशील आकाशगंगाओं की लाक्षणिक (टैल-टेल) विशेषता होते हैं।

ये अन्तर्क्रियाएँ अक्सर आकाशगंगाओं के ढाँचों में बहुत व्यापक विकृतियाँ पैदा कर देती हैं। जब दो सर्पिलाकार आकाशगंगाओं का एक-दूसरे में पूरी तरह विलय हो जाता है, तो उसके परिणामस्वरूप बनने वाली आकाशगंगा ज्यादा बड़ी, और ज्यादा द्रव्यमान वाली होगी जिसका कोई स्पष्ट उप-ढाँचा नहीं होगा (अण्डाकार आकाशगंगा की तरह)। तो क्या हमें ब्रह्माण्ड में जो अण्डाकार आकाशगंगाएँ दिखाई देती हैं वे सर्पिलाकार आकाशगंगाओं के विलय से बनी होंगी? अन्तरिक्ष के अवलोकन से जो साक्ष्य मिलते हैं वे इसी ओर इशारा करते हैं। आकाशगंगाओं की अन्तर्क्रियाओं का अध्ययन करके, खगोल विशेषज्ञ इस बारे में नए तथ्यों को जान रहे हैं कि किस प्रकार आकाशगंगाएँ अपने अनोखे आकार प्राप्त करती हैं, और किस प्रकार ये आकार बहुत लम्बी समयावधियों में विकसित होते हैं।

ब्रह्माण्ड का स्याह पहलू

अब हम अन्तरिक्षीय अन्तर्क्रियाओं के आखिरी उदाहरण पर आते हैं। यह खगोल विज्ञान के वर्तमान में चर्चित एक बड़े रहस्य की कहानी भी है। इस बात के प्रमाण बढ़ते जा रहे हैं कि हमारा अधिकांश ब्रह्माण्ड किसी किस्म के ऐसे अनोखे पदार्थ से बना है जो न चमकता है और न ही अपनी कोई छाया बनाता है। वह गुरुत्वाकर्षण के अलावा ब्रह्माण्ड के साथ कोई अन्य अन्तर्क्रिया नहीं करता। किसी को इस बात की ठीक-ठीक जानकारी नहीं है कि यह पदार्थ दरअसल है क्या, लेकिन हमें यह जरूर पता है कि यह पदार्थ हर जगह मौजूद है। खगोल विशेषज्ञों को ब्रह्माण्ड के इस रहस्यमय घटक के बारे में किस तरह पता चला इसे जानने के लिए हमें आकाशगंगाओं के उन समूहों पर वापस जाना पड़ेगा जिनकी चर्चा हमने पिछले उदाहरण में की थी।

20वीं सदी में खगोल विशेषज्ञ फ्रिट्ज ज्विकी (**चित्र 7** देखें) ने, किसी क्लस्टर के भीतर आकाशगंगाएँ किस रफ्तार से गति करती हैं, इसके बारे में बड़ी सावधानी और परिश्रम के साथ

कुछ गणनाएँ कीं। इस अध्ययन के लिए, ज़्विकी ने पास ही के एक आकाशगंगा क्लस्टर, कोमा क्लस्टर (**चित्र 5** देखें), को चुना।

ज़्विकी यह जानते थे कि हर एक आकाशगंगा की गति क्लस्टर के कुल द्रव्यमान के कारण उसे महसूस होने वाले गुरुत्वाकर्षण खिंचाव के कारण होती है। इसलिए, उन्होंने यह निष्कर्ष निकाला कि विभिन्न आकाशगंगाओं की गति को मापकर वे क्लस्टर की सारी आकाशगंगाओं के कुल द्रव्यमान का आकलन कर पाएँगे। ज़्विकी ने बहुत बारीकी से अवलोकन किए। आकाशगंगाओं की बेतरतीब गति से उन्होंने कोमा क्लस्टर के भीतर स्थित कुल द्रव्यमान का आकलन किया (तथाकथित **गतिशील द्रव्यमान - डायनेमिक मास**)। उन्हें तब बड़ा आश्चर्य हुआ जब उनकी गणना से द्रव्यमान की जो संख्या सामने आई वह उस संख्या से बहुत बड़ी थी जो हम क्लस्टर में शामिल सभी आकाशगंगाओं के सभी तारों के अलग-अलग द्रव्यमानों को जोड़कर प्राप्त करते (दूसरे शब्दों में, वह द्रव्यमान जिससे प्रकाश पैदा हो रहा था, या तथाकथित **प्रकाशमान द्रव्यमान - ल्यूमिनस मास**)। इस मामले में, गतिशील द्रव्यमान, प्रकाशमान द्रव्यमान से 200 गुना ज़्यादा था।



चित्र 7 : फ्रिट्ज़ ज़्विकी स्विट्ज़रलैण्ड में पैदा हुए एक प्रसिद्ध अमेरिकी खगोल विशेषज्ञ थे जिन्होंने कई उत्कृष्ट खोजें कीं और अनुमान लगाए जिनमें डार्क मैटर (स्याह पदार्थ) के गुरुत्वाकर्षणीय प्रभाव भी शामिल हैं। अपने कैरियर के अधिकांश समय में उन्होंने कैलिफोर्निया इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नॉलोजी में प्राध्यापक की तरह काम किया। ज़्विकी के संक्षिप्त जीवन विवरण के लिए यह लिंक देखें : http://www.slac.stanford.edu/pubs/beamline/31/1/31-1-maurer.pdf

बॉक्स 4 : आकाशगंगाओं की आकृतियाँ और आकार : किसी आकाशगंगा के भीतर तारों का वितरण किस तरह होता है यही बात उस आकाशगंगा को उसकी खास आकृति देती है। बीते वर्षों में खगोलशास्त्रियों ने आकाशगंगाओं को उनकी देखी गई आकृतियों के आधार पर श्रेणीबद्ध करने के कई प्रयास किए हैं। उनके प्रयासों के आधार पर आकाशगंगाओं की दो प्रमुख श्रेणियाँ ये हैं :

अ. सर्पिल (स्पायरल) आकाशगंगाएँ : वे आकाशगंगाएँ जिनका आकार एक चक्र के समान होता है और चक्र से जुड़ा सर्पिलाकार उप-ढाँचा होता है।

सर्पिलाकार आकाशगंगाओं की सुन्दर तस्वीरें देखने के लिए इस साइट पर जाएँ :

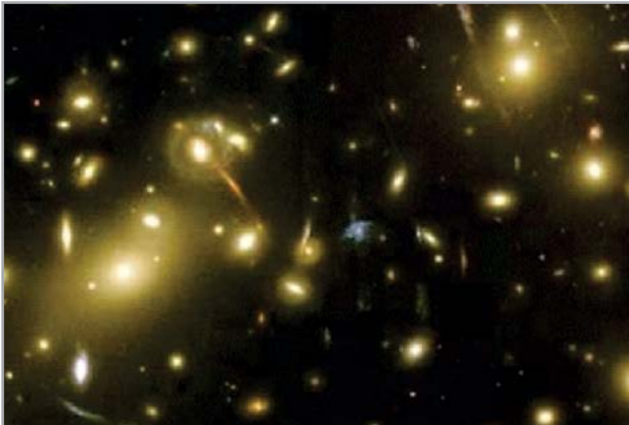
https://www.noao.edu/image_gallery/spiral_galaxies.html

ब. अण्डाकार (इलिप्टिकल) आकाशगंगाएँ : वे आकाशगंगाएँ जिनका आकार अण्डाकार या गोलाकार होता है। सर्पिलाकार आकाशगंगाओं के विपरीत अण्डाकार आकाशगंगाओं को देखने में विशिष्ट बनाने वाली कोई खास विशेषता नहीं होती। वे तारों की गेंद की तरह दिखती हैं।

यहाँ पर अण्डाकार आकाशगंगाओं की बहुत-सी तस्वीरें देखी जा सकती हैं :

https://www.noao.edu/image_gallery/elliptical_galaxies.html

अपने हासिल किए गए आकारों के अलावा, सर्पिलाकार और अण्डाकार आकाशगंगाओं के बीच में अन्य बहुत से अन्तर भी होते हैं। खगोल विशेषज्ञ इन अन्तरों को समझने के लिए अभी भी प्रयासरत हैं। बहुत सारी आकाशगंगाओं और उनके बीच होने वाली गुरुत्वाकर्षण क्रियाओं को देखकर खगोल विशेषज्ञ इस निष्कर्ष पर पहुँचे हैं कि आकाशगंगाओं के बीच घटने वाली अन्तर्क्रियाएँ उनके आकारों को तय करने में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं।



चित्र 5: यह हबल अन्तरिक्ष टेलिस्कोप से लिया गया कोमा क्लस्टर का चित्र है, जो आकाशगंगाओं का ऐसा क्लस्टर है जो हमसे लगभग 32 करोड़ प्रकाश वर्ष की दूरी पर स्थित है। हम इस तस्वीर में प्रकाश के जो भी लम्बे स्रोत देख रहे हैं वे दरअसल आकाशगंगाएँ हैं और एक-एक आकाशगंगा के अन्दर अरबों तारे हैं। इस आकाशगंगा क्लस्टर में जो आकाशगंगाएँ हैं वे अन्तरिक्ष में, अपेक्षाकृत एक-दूसरे के नजदीक हैं (खगोलीय रूप से बात करें तो) और इसलिए वे एक-दूसरे के गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव में गति करती हैं।

द्रव्यमानों में इस विसंगति ने खगोल विशेषज्ञों को बड़ी उलझन में डाल दिया। इस अन्तर को केवल इसी तरह से समझाया जा सकता था कि क्लस्टर में बहुत-सा ऐसा अतिरिक्त पदार्थ मौजूद था जो क्लस्टर की सभी आकाशगंगाओं के साथ गुरुत्वाकर्षणीय अन्तर्क्रिया कर रहा था। पर निश्चित ही इस अतिरिक्त पदार्थ से प्रकाश नहीं निकल रहा होगा, और दूरबीनों से दिखाई नहीं दे रहा होगा, अन्यथा वह हमें पहले ही मिल जाता। इसी अदृश्य पदार्थ को अब 'डार्क मैटर' (स्याह पदार्थ) कहा जाता है। हम अब यह जानते हैं कि बहुत तेजी से गति करने के बावजूद, किसी क्लस्टर की आकाशगंगाएँ सिर्फ डार्क मैटर की उपस्थिति के कारण ही उस क्लस्टर तक सीमित रहती हैं। डार्क मैटर द्वारा लगने वाला अतिरिक्त गुरुत्वाकर्षण बल ही आकाशगंगाओं को एक-दूसरे से दूर जाने से रोकता है। यह बात सिर्फ कोमा क्लस्टर के लिए ही लागू नहीं होती बल्कि हर उस क्लस्टर के लिए होती है जिसे खगोल विशेषज्ञों ने देखा है।

ज्विकी के पथप्रदर्शक अवलोकनों के बाद से और भी कई ऐसे साक्ष्य सामने आए हैं जो यह बताते हैं कि डार्क मैटर सर्वत्र व्याप्त है। यह डार्क मैटर ही आकाशगंगाओं को चारों ओर से घेरे हुए है और उन्हें बाँधे रखता है। बहुत बारीकी से किए गए आकलन यह भी दिखाते हैं कि ब्रह्माण्ड में दिखने वाले साधारण पदार्थ से इस डार्क मैटर की मात्रा बहुत ज्यादा है। इसलिए, हम जब भी दूरबीन से रात के आसमान को देखें तो हमें खुद को यह याद दिलाना होगा कि आसमान में जितनी भी चमकती चीजें हम देख रहे हैं वे कुल पदार्थ का बहुत छोटा-सा हिस्सा हैं। दरअसल आकाशगंगाएँ तो बड़े-बड़े पेड़ों पर लटकते छोटे-छोटे प्रकाश बल्बों की तरह हैं। अँधेरे में हमें प्रकाश बल्ब तो दिखाई देते हैं पर पेड़ दिखाई नहीं देते।

तो यह डार्क मैटर है क्या? हमें अभी तक इस सवाल का जवाब पता नहीं है। वैज्ञानिक अभी भी इस बात पर अटकलें लगा रहे



चित्र 6 : यह चित्र दो सर्पिलाकार आकाशगंगाओं को दिखाता है जो एक-दूसरे से अन्तर्क्रिया के किसी चरण में हैं। ऐसी अन्तर्क्रिया का परिणाम अक्सर पूँछ जैसे लक्षणों का निर्माण होता है जैसा कि इस चित्र में देखा जा सकता है। ये लक्षण अपने परस्पर गुरुत्वाकर्षण बल के कारण दोनों आकाशगंगाओं से बाहर खींच ली गई तारों की धाराओं और अन्तरतारकीय गैसों से मिलकर बनते हैं। यद्यपि दोनों आकाशगंगाएँ हर सैकण्ड कई हजार किलोमीटर की गति से बढ़ रही होती हैं, पर उनके बहुत बड़े आकारों, और उनके बीच की विशाल दूरियों के कारण यह पूरी अन्तर्क्रिया कई करोड़ वर्षों के सामयिक पैमाने पर होती है। आभार : हबल अन्तरिक्ष टेलिस्कोप।

बॉक्स 5 : यहाँ प्रस्तुत किए गए हर पैनल में अपनी गुरुत्वाकर्षण अन्तर्क्रिया के किसी चरण के दौरान दो सर्पिलाकार आकाशगंगाओं की स्थिति को दिखाया गया है। पैनलों में दिखाई गई तस्वीरें आकाशगंगाओं के एक ही जोड़े की नहीं हैं। इन छह तस्वीरों को एक बड़े चित्र-संग्रह में से लिया गया है और इस क्रम में दिखाया गया है ताकि दो आकाशगंगाओं के एक-दूसरे के निकट आने के समय जो स्थिति बनती है उसका एक दृश्यात्मक अनुभव दिया जा सके। चित्रों में हम देख सकते हैं कि विलय से पहले भी आकाशगंगाओं के आकार बिगड़ना शुरू हो जाते हैं। और ऐसा बहुत लम्बी दूरी से काम कर रहे गुरुत्वाकर्षण बल के कारण होता है (काफी कुछ ज्वार-भाटे के बल की भाँति)। आखिरी पैनल में अन्तर्क्रिया कर रही दोनों आकाशगंगाओं के पदार्थ एक-दूसरे में विलीन होकर एक आकाशगंगा के एक अनिश्चित आकार वाले, या आकार-रहित ढाँचे में विलीन हो जाते हैं। समय बीतने के साथ, यही द्रव्यमान एक बड़ी अण्डाकार आकाशगंगा के रूप में विकसित हो सकता है।

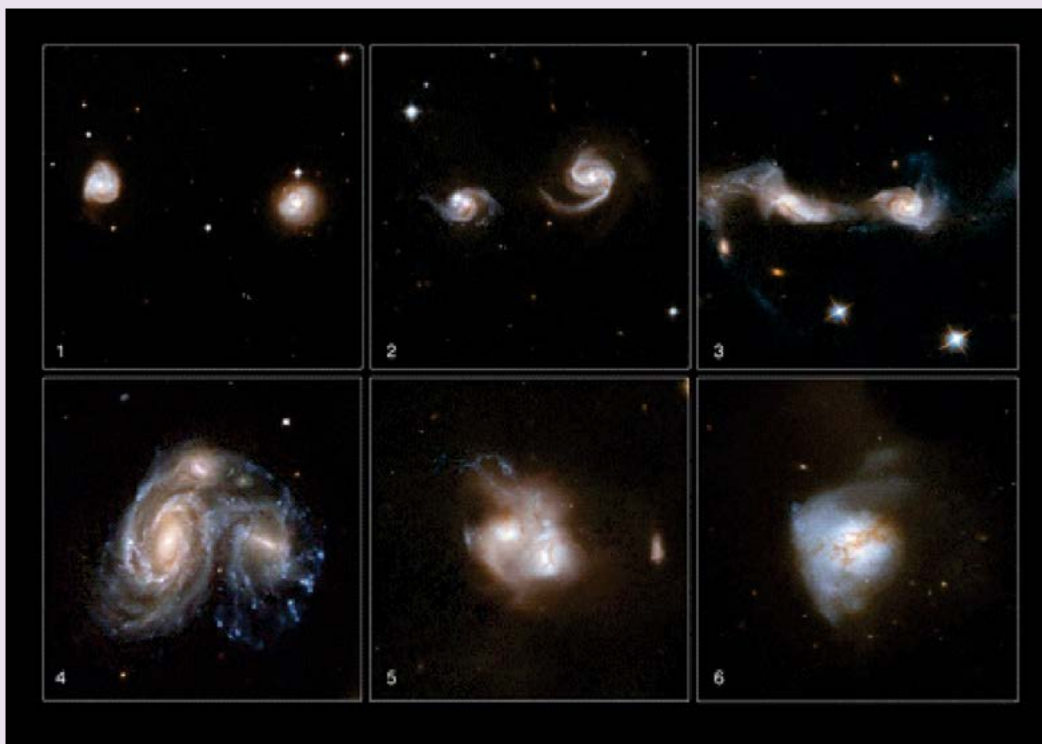
आकाशगंगाओं के बीच की अन्तर्क्रियाएँ, जैसी कि यहाँ दिखाई गई है, बहुत धीमी प्रक्रियाएँ होती हैं जो कई करोड़ सालों में आकार लेती हैं। इस प्रक्रिया को खड़े होकर ताकने का समय किसी को नहीं मिलता! जब हम ब्रह्माण्ड में विभिन्न स्थानों पर आकाशगंगाओं के समूहों का सर्वेक्षण करते हैं तो हम आकाशगंगाओं को उनके विलय के विभिन्न चरणों में देखते हैं। किसी आड़े-तिरछे टुकड़ों वाली पहेली (जिग-सा पजल) की तरह खगोल विशेषज्ञ ब्रह्माण्ड के विभिन्न भागों से जानकारियों के ऐसे टुकड़ों को एकत्रित करके उन्हें एक साथ बैठाते हैं ताकि ब्रह्माण्ड में आकाशगंगाओं की अन्तर्क्रियाएँ किस प्रकार घटित होती हैं इसका एक व्यावहारिक प्रतिरूप बनाया जा सके। खगोल विशेषज्ञ आकाशगंगाओं की अन्तर्क्रियाओं की प्रतिकृति बनाने के लिए सुपरकम्प्यूटरों की क्षमता का इस्तेमाल भी करते हैं। नेट पर आकाशगंगाओं के विलय के कई अद्भुत ऐनिमेशन उपलब्ध हैं। यहाँ ऐसे ही कुछ उदाहरण दिए जा रहे हैं :

http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2002/11/video/a/

http://www.ifa.hawaii.edu/~barnes/transform.html

https://www.youtube.com/watch?v=HP3x7TgvgR8

यह आखिरी वाला लिंक इस बात के लिए खासतौर से रोचक है कि इसमें हमारी मिल्की वे आकाशगंगा और हमारे सबसे करीब स्थित बड़ी आकाशगंगा, ऐण्ड्रोमीडा का विलय होने पर क्या स्थितियाँ हो सकती हैं इसके बारे में कम्प्यूटर से रोचक दृश्य बनाए गए हैं।



हैं कि यह डार्क मैटर क्या हो सकता है। यह आधुनिक विज्ञान के सबसे बड़े अनसुलझे रहस्यों में से एक है। और यह कोई गड़बड़ बात भी नहीं है क्योंकि विज्ञान का मतलब हमेशा त्वरित उत्तर पाना नहीं होता। विज्ञान का अर्थ नए सवालों की खोज करना भी होता है। डार्क मैटर की खोज ने बहुत से नए सवाल खड़े कर दिए हैं, जिनके जवाब पाना, ऐसा लगता है, आसान नहीं होगा। पर वैज्ञानिक इसे लेकर बहुत उत्साहित हैं क्योंकि इसने भौतिकशास्त्र में शोध के नए मार्ग प्रशस्त कर दिए हैं।

डार्क मैटर के बारे में एक बात निश्चित है कि यह प्रोटॉन, न्यूट्रॉन और इलेक्ट्रॉन जैसे कणों से बना पदार्थ नहीं हो सकता जिनसे आप, मैं, और हमें अपने चारों ओर दिखने वाले पदार्थ बने होते हैं। यह कुछ और ही है, शायद कोई नए तरह का पदार्थ। बस इसके बाद इसके बारे में ज्यादा कुछ नहीं कहा जा सकता है और कम से कम अभी के लिए तो यह एक रहस्यमय पदार्थ ही है। पर साधारण पदार्थ के साथ अपनी गुरुत्वाकर्षण आधारित अन्तर्क्रियाओं के कारण हम कम से कम यह तो जान गए हैं कि जितना हमें अपनी आँखों से दिखाई देता है ब्रह्माण्ड बस उसी तक सीमित नहीं है, उससे कहीं अधिक है।



References and useful links

1. An interactive tool that explains and demonstrates the formation of tides: http://www.pbs.org/wgbh/nova/earth/what-causes-the-tides.html.
2. An online application that simulates the working principle behind the detection of extra-solar planets: http://astro.unl.edu/naap/esp/detection.html.
3. Galaxy Collider is an interactive tool that allows you to run toy models of galaxy merges with different starting conditions: http://viz.adrian.pw/galaxy/. Clicking and dragging on a blank area starts this simulation. Understanding how this tool works may require a bit of exploring.
4. The Cosmic Cocktail – Three Parts Dark Matter, by Katherine Fresse, Princeton University Press, ISBN 978-0691153353, is a recent popular science book that describes the fascinating story behind the discovery of Dark Matter and the our recent search to understand them.
5. The Crowded Universe, by Alan Boss, Basic Books, ISBN 978-0465009367, is a popular science book on extra-solar planets and the possibility of finding other Earths.



आनन्द नारायणन भारतीय अन्तरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान में एस्ट्रोफिजिक्स (खगोल भौतिकी) पढ़ाते हैं। उनके शोध का विषय यह समझना है कि बैरिऑनिक मैटर आकाशगंगाओं के बाहर बड़े पैमाने पर किस तरह वितरित होता है। वे खगोलशास्त्र से सम्बन्धित शैक्षणिक और सार्वजनिक पहुँच की गतिविधियों में निरन्तर अपना योगदान देते रहते हैं। समय-समय पर उन्हें घूमना भी अच्छा लगता है। दक्षिण भारत के सांस्कृतिक इतिहास को जानने-समझने में उनकी दिलचस्पी है। **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी

रासायनिक पारिस्थितिकी

प्रकृति की भाषा में बात करना

शैनन ओल्सन

हमारा ग्रह रसायनों से बना है। सूक्ष्म जीवाणुओं से लेकर पौधों और पशुओं तक, समस्त जीवनरूप अपने संसार से संवाद करने के लिए रसायनों का इस्तेमाल करते हैं। रासायनिक संकेत हमें विशालकाय हाथियों से लेकर सूक्ष्मतम कीटाणुओं तक से संवाद करने की सुविधा प्रदान करते हैं, और वे फसलों की कीटों से रक्षा करने के लिए इस्तेमाल किए जा सकते हैं, अभिनव औषधियों को पहचानने में सहायक होते हैं, या रोगों को फैलने से रोकते हैं। इस लेख में, लेखिका विभिन्न जीवरूपों तथा उनके पर्यावरण के बीच घटित होने वाली रासायनिक अन्तर्क्रियाओं की पड़ताल कर रही हैं।

जीवरूपों को अपने जीवन की रक्षा करने के लिए हमारे आसपास के संसार की चीजों को पहचानना बहुत जरूरी है । सभी प्राणियों के लिए यह जानना जरूरी है कि क्या खाना है और क्या नहीं खाना है, और यह भी कि उन्हें कौन खाना चाह सकता है। हम चीजों को अपनी इन्द्रियों का उपयोग करके पहचानते हैं। लेकिन यदि आप देख न सकें तब क्या? या सुन न सकें? या छू न सकें? तब आप अपने आसपास के संसार की चीजों को किस तरह खोजेंगे? और जब आपने उन्हें खोज भी लिया हो, तब आप यह कैसे जानेंगे कि वे क्या हैं?

यही वह उलझन है जिसका सामना अनेक जीवरूप प्रतिदिन करते हैं। उदाहरण के लिए, अनेक कीट आवाजों को उस तरह से नहीं सुन सकते जैसे कि हम सुन सकते हैं (वे कम्पनों को पकड़ते हैं)। कीटाणु देख नहीं सकते। और पौधे तो चल-फिर भी नहीं सकते। तो फिर वे अपना जीवन कैसे बचाए रख पाते हैं? वे अपने भोजन और जहर में, या सुरक्षा और खतरे में फर्क कैसे कर पाते हैं?

वास्तव में, एक बोधइन्द्रिय ऐसी है जो सभी जीवरूपों में साझा रूप से मौजूद है। समस्त जीवन को उसकी बुनियादी इकाइयों में विखण्डित करने पर पता चलता है कि वह रसायनों का ही परिणाम होता है। इस ग्रह पर मौजूद प्रत्येक प्राणी बुनियादी रूप से रसायनों का एक विशाल समूह होता है, जो सभी

शिक्षण के लिए सुझाव

1. अवधारणाओं के लिए : जब आप अपने विद्यार्थियों के साथ रासायनिक पारिस्थितिकी के रहस्य की चर्चा करें, तो उन्हें सरसों, पत्तागोभी और मिर्ची को चखने को कहें। उनसे पूछें कि उन्होंने किस चीज का स्वाद लिया, और यह भी पूछें कि क्या वे जानते हैं कि यह स्वाद किस चीज (रसायनों) से मिलकर बनता है। फिर विद्यार्थियों से पूछें कि क्या वे अनुमान लगा सकते हैं कि पौधे क्यों ऐसी तीखी गन्ध वाले रसायनों को निर्मित करते हैं - हो सकता है कि उनके द्वारा प्रस्तुत उत्तरों को सुनकर आपको आश्चर्य हो!
2. कक्षा में प्रयोगों के लिए : कई मसालों के ढक्कन लगे हुए बन्द डिब्बे कक्षा में लेकर आएँ। यह सुनिश्चित करें कि विद्यार्थी मसालों को देख न सकें। डिब्बों को खोलकर उनसे उसमें रखी सामग्री का अनुमान लगाने को कहें। फिर उनसे चर्चा करें कि इस गतिविधि से उन्हें किस चीज का ध्यान आता है - किसी खास खाद्य पदार्थ का या किसी स्मृति का?



3. कक्षा के बाहर जाएँ : अपने विद्यार्थियों को बाहर ले जाएँ। उनसे विभिन्न कीटों, जैसे चींटियों, मक्खियों आदि का निरीक्षण करने को कहें। ये कीट आपस में (जबकि उनकी आँखें सूक्ष्म होती हैं और उनके कान नहीं होते) किस तरह संवाद कर सकते हैं, इस बारे में उनसे बातचीत करें। उनसे इस बारे में भी बात करें कि कीटों को किस प्रकार की जानकारी की जरूरत पड़ती है, जैसे कि उनका भोजन कहाँ है, उनके प्रणय साथी कहाँ हैं, उनके शत्रु कहाँ हैं, आदि। उन्हें प्रोत्साहित करें कि वे इनमें से किसी आचरण की कार्य प्रक्रिया का निरीक्षण उसके घटने के दौरान करें।
4. व्यक्तिगत शोध : विद्यार्थियों से किसी मसाले को चुनने के लिए कहें। फिर उनसे इस मसाले के बारे में इंटरनेट पर शोध करने के लिए कहें ताकि वे पता लगा सकें कि यह मसाला किस पौधे से आता है, और वह पौधा उन यौगिकों को क्यों पैदा करता है जिन्हें हम उस मसाले में पहचान पाते हैं (उदाहरणों के लिए मिर्च और सरसों का इस्तेमाल करें)।

आपस में जुड़े होते हैं और मिलकर काम कर रहे होते हैं। इस प्रकार हम सभी अणुओं के एक संसार में रह रहे होते हैं। वहीं दूसरी ओर, सभी जीवरूप रसायनों को पहचान सकते हैं - यही वह तरीका है जिसके द्वारा इस ग्रह पर समस्त जीवरूप एक-दूसरे से संवाद करते हैं।

रसायनविज्ञान की भाषा

यदि हम रसायनों की भाषा को उस तरह से सुन सकते जिस तरह हम ध्वनियों को सुनते हैं, तो हमारा संसार हमें बहरा कर देता। किसी भी क्षण पर, हर पत्ती, हर फफूँद, हर कीट, हर मछली और हर स्तनपायी जीव वातावरण में मौजूद रासायनिक संकेतों को पकड़ रहा होता है या सम्प्रेषित कर रहा होता है। रसायनों की सार्वभौमिक भाषा के कुछ उदाहरण देने के लिए, चलिए हम कुछ ऐसे तरीकों की चर्चा करें जिनमें जीवरूप रसायनों का इस्तेमाल अपनी जीवनरक्षा के लिए करते हैं।

प्रणय साथी को खोजना

रासायनिक संवाद का पता लगाने के लिए किए गए सबसे शुरुआती ज्ञात प्रयोगों में से एक सर जॉन रे ने 17वीं शताब्दी में किया था। सर जॉन छींटों की डिजाइन वाले पतंगे (*बिस्टन बेतुलेरिया*) का अध्ययन कर रहे थे, और उन्होंने देखा कि जिस मादा पतंगे को उन्होंने एक पिंजड़े में कैद कर रखा था उसने दो नर पतंगों को आकर्षित कर लिया था जो उड़कर खिड़की से अन्दर आ गए थे। चूँकि मादा पतंगे को न देखा जा सकता था न सुना जा सकता था, इसलिए सर जॉन ने अनुमान लगाया कि नर पतंगे मादा पतंगे की गन्ध से आकर्षित हुए थे। हालाँकि उस समय इन संकेतों को पहचानने का सर जॉन के पास कोई तरीका नहीं था, पर उनका अनुमान सही था।

इस बात का सही पता 1959 तक नहीं लगा, जब एडोल्फ ब्यूटेनान्ट ने पहली बार एक ऐसे रसायन की पहचान की जिसे मादा रेशमी पतंगों द्वारा नर पतंगों को आकर्षित करने के लिए छोड़ा जाता है। जो रसायन एक ही प्रजाति के सदस्यों के द्वारा आपस में संवाद करने के लिए इस्तेमाल किए जाते हैं, उन्हें फेरोमोन्स के नाम से जाना जाने लगा। 1995 तक, वैज्ञानिकों ने पतंगों की 1500 प्रजातियों की मादाओं के द्वारा इस्तेमाल किए जाने वाले फेरोमोन्स की पहचान कर ली थी।[1] हम यह भी जानते हैं कि मादा पतंगें घने जंगलों में भी दसियों मीटर दूर से नर पतंगों को आकर्षित कर सकती हैं।[2] आज हम यह भी जानते हैं कि पशु फेरोमोन्स का इस्तेमाल न केवल प्रणय साथियों को आकर्षित करने के लिए, बल्कि तमाम अन्य प्रयोजनों, जैसे कि खतरों की चेतावनियाँ देने या अन्य साथियों को इकट्ठा करने, के लिए भी करते हैं।

पुचिनिया रस्ट फंगस (जंग फफूँद) एक अन्य तरीके का इस्तेमाल करता है। यौनिक तरीके से प्रजनन के लिए, इस फफूँद को एक भिन्न आबादी को भेदना या उसको निषेचित करना जरूरी होता है। ऐसा करने के लिए, यह फफूँद भेष बदलने में उस्ताद बन जाता है। पहले, यह पौधों को संक्रमित करता है जिसके कारण वे 'नकली फूल' पैदा करते हैं, जो न केवल पीले फूलों जैसे दिखते हैं बल्कि फूलों जैसी गन्ध भी देते हैं, और परागरस के जैसा एक मीठा घोल भी बनाते हैं। परागण करने वाले कीट (जैसे कि मधुमक्खियाँ और तितलियाँ), इन 'फूलों' की ओर आकर्षित होते हैं, और कुछ फफूँद को उठा लेते हैं तथा उसे किसी दूसरे नकली फूल तक पहुँचा देते है, और इस तरह वे फफूँद को प्रजनन करने में मदद करते हैं।[3]

भोजन खोजना

ई.कोलाई जैसे कीटाणुओं को अपना भोजन ढूँढ़ने के लिए रासायनिक संकेतों की जरूरत पड़ती है। आँखें और कान न होने के कारण, संसार को जानने का उनका मुख्य तरीका रासायनिक संकेतों के माध्यम का उपयोग करना ही होता है। शर्कराओं जैसे खाद्य पदार्थ के मौजूद होने पर, यह कीटाणु उसकी ओर तैरने के लिए अपने फ्लैजेलम (चाबुक जैसा अंग) का इस्तेमाल करता है। वह खाद्य स्रोत के स्थान को उस दिशा में तैरते हुए खोज लेता है जिस दिशा में उसे शक्कर के अधिक सान्द्रण का बोध होता है। कार्यप्रणाली की दृष्टि से यह वैसा ही है जैसे कि हम एक खोए हुए सैल फोन को उसका नम्बर लगाकर और फिर उस जगह जाकर ढूँढ़ लेते हैं जहाँ घण्टी की आवाज सबसे तेज होती है। रसायनों के लिए, ज्यादा सान्द्रण की दिशा में होने वाली गति को 'धनात्मक केमोटैक्सिस' के नाम से जाना जाता है।

बोलास मकड़ी के लिए भोजन का मतलब होता है कोई बढ़िया रसीला पतंगा। इन मकड़ियों का नाम उस चिपचिपाहट भरी रेशम की गेंद के कारण पड़ा है जिसे बोलास कहते हैं, और जिसे वे किसी उड़ते हुए कीड़े को फाँसने के लिए लगभग उसी तरह हवा में फेंकती हैं जैसे कि कोई काउबॉय (अमेरिका का गौपालक) किसी गाय को फन्दा फेंककर फाँसता है। इनकी कुछ प्रजातियाँ अपने शिकार को गन्ध से भी चकमा देती हैं। ऐसी एक मकड़ी, *मैस्टोफोरा हचिन्सोनी*, अपने बोलास में ऐसे रसायन मिला देती है जो मादा पतंगों की कई प्रजातियों के फेरोमोन की नकल होते हैं। उस गन्ध से नर पतंगे आकर्षित होकर बोलास की ओर किसी मादा को पाने की आशा से उड़कर आते हैं। और वे उस चिपचिपी गेंद में फँस जाते हैं और मकड़ी का भोजन बन जाते हैं।[4]

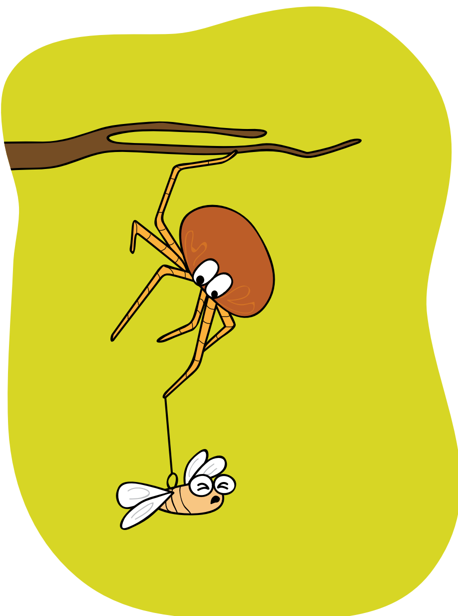
शत्रुओं से बचना

पौधों जैसे जीवरूपों के लिए, जो भाग नहीं सकते, अपने शत्रुओं से बचना एक जटिल काम होता है। किसी पौधे का दुश्मन कौन होता है? सामान्य तौर पर कहें तो, वह ऐसे कीटों या सूक्ष्म जीवाणुओं के जैसा कुछ होता है, जो या तो पौधे को खाता है या उसे बीमार बना देता है। चूँकि वे भाग नहीं सकते, इसलिए बहुत से पौधे जहरीले या विकर्षित करने वाले ऐसे रसायन पैदा करके अपनी रक्षा करते हैं जो उनके भक्षकों को नुकसान पहुँचा सकते हैं या उन्हें विकर्षित करके दूर भगाते हैं। ऐसे विषैले पदार्थ का एक आम उदाहरण ऐसे पौधों में पाया जाता है, जैसे सरसों, पत्तागोभी और हार्स-रैडिश (एक प्रकार की मूली)। जब आप सरसों या पत्तागोभी चबाते हैं तब जिस जानेमाने तीखेपन का आपको स्वाद आता है, वह ग्लूकोसायनेट्स नामक रसायनों के आइसोथियोसायनेट रसायनों में विघटन से पैदा होता है। ये तीखे आइसोथियोसायनेट अनेक कीटों तथा सूक्ष्म जीवाणुओं के लिए हानिकारक या जहरीले होते हैं।

पौधे अपने शत्रुओं से बचने के लिए जो एक अन्य तरीका इस्तेमाल कर सकते हैं, वह मदद के लिए चिल्लाने का है। चूँकि उनके पास आवाजें निकालने का कोई साधन नहीं होता, इसलिए वे रसायनों के द्वारा मदद के लिए पुकारते हैं। जब इल्ली जैसे किसी कीट से उनको क्षति पहुँचती है, तो कुछ पौधे ऐसी कुछ गन्ध उत्सर्जित करते हैं जो ततैयों जैसी इल्लियों के भक्षकों को आकर्षित करती हैं। उदाहरण के लिए जब मिश्र का सैनिककीट (इजीप्शियन आर्मीवर्म) नए मक्के के पौधों को खाता है, तो वह पौधा ऐसे कई रसायन हवा में छोड़ता है जो एक ऐसे ततैए को आकर्षित करते हैं जो आर्मीवर्म का परजीवी



चित्र 1 : *अरेबिस* में पैदा किए गए *पुचीनिया* के नकली फूल
Source: An Ian Walker photo, uploaded by Lesfreck at English Wikipedia. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Puccinia_on_Arabis.jpg.



चित्र 2 : अपने शिकार को फन्दे में फाँसती हुई बोलास मकड़ी

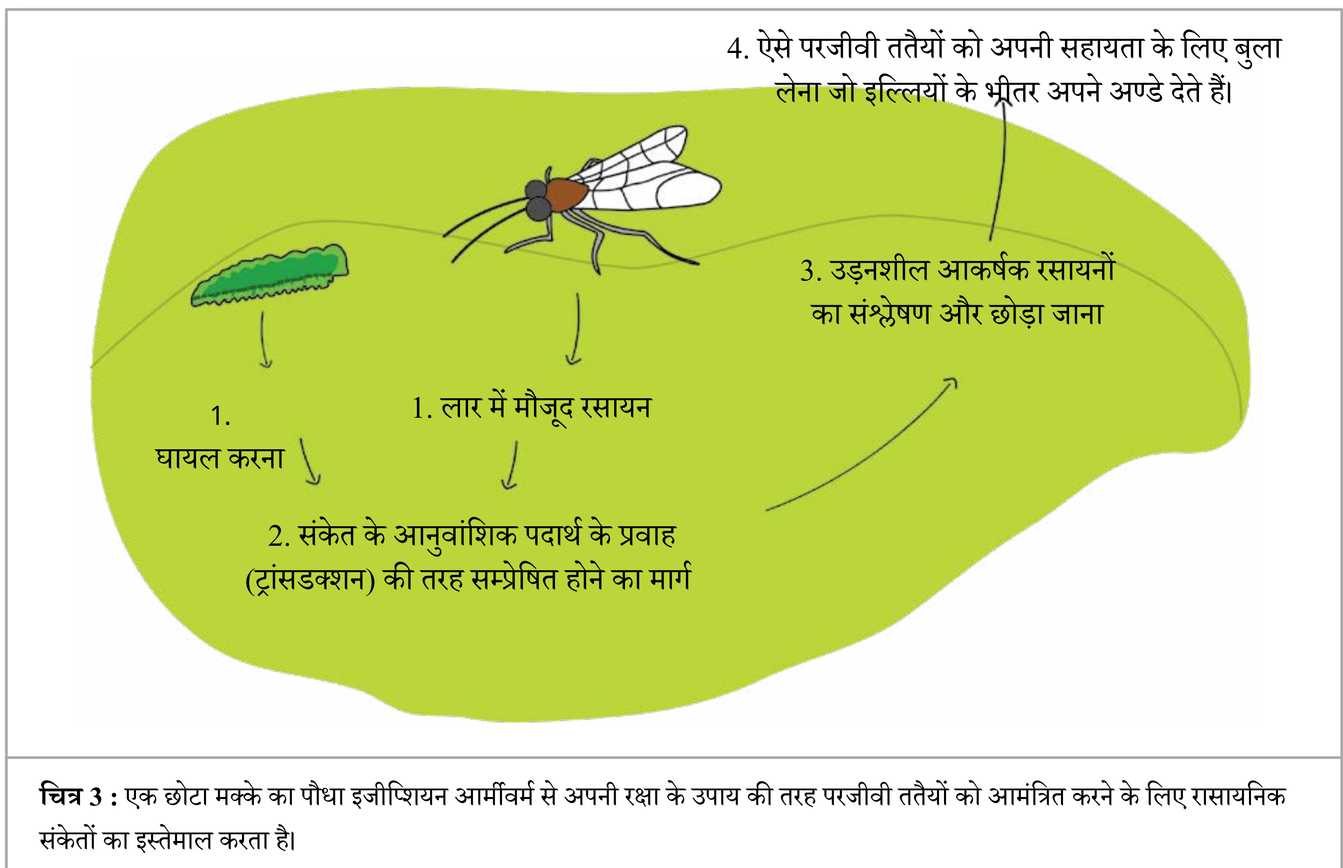
रासायनिक पारिस्थितिकी

जीवरूप किस तरह अपने पर्यावरण से संवाद करने के लिए रसायनों का इस्तेमाल करते हैं, इस विषय के अध्ययन को 'रासायनिक पारिस्थितिकी' कहते हैं। रासायनिक पारिस्थितिकी अपेक्षाकृत नया क्षेत्र है। इस शब्द का इस्तेमाल सबसे पहले अमेरिका में 1960 के दशक में किया गया था, हालाँकि वैज्ञानिकों को सदियों से इस बात की जानकारी रही है कि जीवरूपों के द्वारा संवाद करने के लिए रसायनों का उपयोग किया जा सकता है। चूँकि रासायनिक पारिस्थितिक वैज्ञानिक किसी भी जीवरूप का अध्ययन कर सकते हैं, इसलिए उनके शोधकार्य में जीवविज्ञान का लगभग हर पहलू, यहाँ तक कि चिकित्साविज्ञान भी, शामिल हो सकता है। परन्तु जिन दो विषयों से सभी रासायनिक पारिस्थितिक वैज्ञानिकों का सम्बन्ध होता है, वे उसके नाम में ही निहित हैं – रसायनविज्ञान और पारिस्थितिकीविज्ञान। अन्ततः, रासायनिक पारिस्थितिक वैज्ञानिकों की दिलचस्पी इसमें होती है कि किन रसायनों का उपयोग किया जाता है, और वे रसायन किस प्रकार जीवरूपों के जीवन को प्रभावित करते हैं। रासायनिक पारिस्थितिक वैज्ञानिक बनने के लिए रसायनविज्ञान और जीवविज्ञान, दोनों में मजबूत पृष्ठभूमि होना सहायक होता है। लेकिन सर्वोपरि बात है कि रासायनिक पारिस्थितिक वैज्ञानिकों में प्राकृतिक संसार के प्रति लगाव होना बहुत जरूरी है। क्या आपकी जानवरों के व्यवहार में दिलचस्पी है? क्या आपको पौधों को उगाना अच्छा लगता है? क्या आपने कभी इस बारे में सोचा है कि पौधे क्यों दालचीनी, या लौंग या वनीला निर्मित करते हैं? या क्यों हम सोचते हैं कि कुछ गन्ध खराब होती हैं, और कुछ अच्छी? यदि ऐसा है, तो आप भी एक रासायनिक पारिस्थितिक वैज्ञानिक बन सकते हैं।

होता है।[5] इस तरीके से पौधा उसकी ओर से उसके शत्रु से निपटने के लिए मददगारों को आमंत्रित करता है। और इस तरह परजीवी ततैया भी अपने मेजबान कीट को ढूँढ़ने में सक्षम हो जाता है।

कार्यरत रसायन : कुछ को तीखा पसन्द होता है

यदि आपने कभी किसी फल को यह देखने के लिए सूँघा है कि वह पका है या नहीं, या कभी खट्टे हो चुके दूध को थूका है, तो आपने भी अपनी रासायनिक इन्द्रियों का इस्तेमाल किया है। मनुष्य गन्धों के रूप में हवा में प्रवाहित हो रहे रसायनों



चित्र 3 : एक छोटा मक्के का पौधा इजीप्शियन आर्मीवर्म से अपनी रक्षा के उपाय की तरह परजीवी ततैयों को आमंत्रित करने के लिए रासायनिक संकेतों का इस्तेमाल करता है।

को पकड़ते हैं, और द्रवों या ठोस पदार्थों को स्वाद के द्वारा पहचानते हैं। रसायनों को पहचानने के लिए हमारी नाक के न्यूरानों में या हमारी जीभ के न्यूरानों में विशेष प्रोटीन होते हैं जो 'ग्राही' कहलाते हैं, और जो रसायनों से जुड़ जाते हैं और फिर न्यूरानों के माध्यम से हमारे मस्तिष्क को सन्देश भेजते हैं।

हालाँकि सभी जीवरूपों के पास नाक, और यहाँ तक कि मस्तिष्क भी नहीं होता, परन्तु, कीटाणु से लेकर पेड़ों तक, सभी जीवरूप इस प्रकार के प्रोटीनों का इस्तेमाल करके अपने पर्यावरण के रसायनों को पकड़ते हैं। मिर्ची (चिली पैपर) के पौधे की कहानी एक ऐसा चकित करने वाला उदाहरण है जो बताता है कि किस तरह पौधे इन रिसेप्टर्स का इस्तेमाल संवाद के लिए करते हैं। दक्षिणी अमेरिका की मूल निवासी चिली पैपर भारतीय रसोई के मसालों का नियमित हिस्सा है। वास्तव में, एक चुटकी भर मिर्ची के पाउडर का परिणाम तत्काल महसूस होने वाले तीखे चिरपरेपन का एहसास होता है। लेकिन क्या कभी आपने रुककर यह सोचा है कि मिर्ची ऐसा तीखा स्वाद क्यों देती है?

वास्तव में, मिर्ची सचमुच में, कम से कम हमारे दिमागों के लिए, 'तीखी' होती है। यह तीखापन कैप्सैसिन नामक एक अकेले रसायन के कारण होता है। यह रसायन अपने आप में तीखा नहीं होता, लेकिन यह मनुष्यों के एक विशेष प्रोटीन, जो टीआरपीवी1 (ट्रांजिएंट रिसेप्टर पोटैंशियल) कहलाता है, से बँध जाता है जो ऊँचे तापमानों को पकड़ने में सक्षम होता है। जब यह प्रोटीन कैप्सैसिन से जुड़ जाता है, तो यह हमारे दिमाग को 'तीखा' कहता हुआ एक संकेत भेजता है। दिलचस्प बात यह है कि, तापक्रम का इसी प्रकार का रिसेप्टर पक्षियों में कैप्सैसिन के प्रति ऐसी प्रतिक्रिया नहीं करता।[6] इसका मतलब है कि पक्षी मिर्ची को किसी तीखेपन का एहसास हुए बगैर खा सकते हैं। क्या इस बात का कोई लाभ है कि स्तनपायी जीव कैप्सैसिन को पकड़ पाते हैं जबकि पक्षी ऐसा नहीं कर पाते? कुछ वैज्ञानिक ऐसा मानते हैं, और उनके विचार में इसका सम्बन्ध उस भूमिका से है जो मिर्ची का तीखापन उसके पौधे के लिए निभाता है।

मिर्ची उसके पौधे का फल होती है। सभी फलों की तरह, उसमें बीज होते हैं। इसके बढ़िया रसीले फल पशुओं के द्वारा खा लिए जाते हैं, जो फिर अपने मल के माध्यम से उनके बीजों को बाहर मिट्टी में निकाल देते हैं जहाँ वे फिर नए पौधों के रूप में उग सकते हैं। इस तरह, अपने फल के माध्यम से, मिर्ची के बीज अपने पितृ पौधों से दूर तक फैल जाते हैं। 2001 में ट्यूक्सबरी एवं नाभन ने पाया कि जब छोटे स्तनपायी जीवों, जैसे कि चूहों और पैकरैट्स, को मिर्ची खिलाई गई (जो वे केवल तभी खाते



चित्र 4 : मिर्च की कुछ किस्मों, जलापीनो, बनाना, कायेन पैपर, चिली तथा हबानीरो का एक संग्रह - इनमें से कोई भी पक्षियों के लिए 'तीखी' नहीं होतीं! Source: Ryan Bushby (H at English Wikipedia). Wikimedia Commons, CC-BY. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arrangement_of_jalape%C3%B1o,_banana,_cayenne,_chili,_and_habanero_peppers.jpg.

थे जब उन्होंने उसे पहले नहीं चखा होता था), तो उनके निकाले गए बीज अंकुरित नहीं होते थे (अर्थात पौधों के रूप में नहीं उग पाते थे)। इसके विपरीत, जब पक्षियों को मिर्ची खिलाई गई, तो बीज उचित ढंग से उगते थे। इसके अलावा, पक्षी मिर्चियों से विकर्षित नहीं होते थे। इन वैज्ञानिकों का मत था कि कैप्सैसिन ऐसे पशुओं (स्तनपायी) को विकर्षित करने का मिर्ची का तरीका हो सकता है जो उसके बीजों को नष्ट कर देते हैं, जबकि ऐसे पशु (पक्षी) जो उसके बीजों को फैलाते हैं, वे उससे विकर्षित नहीं होते।[7]

ट्यूक्सबरी ने बाद में पाया कि स्तनपायी पशुओं के अलावा, कैप्सैसिन ऐसे एक अन्य अवांछित जीवरूप - *फ़ुसारियम* नाम के एक फफूँद - को भी विकर्षित करता था जो उसके बीजों को मार डालता था। मिर्चियों के बारे में यह पहले से ज्ञात है कि उनमें सूक्ष्म जीवाणुओं को नष्ट करने के गुण होते हैं, और ट्यूक्सबरी ने पाया कि उनके फलों में मौजूद कैप्सैसिन उनके बीजों की इस फफूँद रोगाणु से रक्षा करता है।[8] इसलिए मिर्ची की तीखी या गर्म तासीर इस पौधे के कीमती बीजों की बड़े और छोटे खतरों से रक्षा करती है।

प्रकृति को सुनना

प्रकृति की रासायनिक भाषा हमारे चारों ओर मौजूद है, लेकिन हम इस बारे में बहुत कम जानते हैं कि हमारी इस पृथ्वी के जीवरूप क्या और कैसे संवाद करते हैं। उनके आणविक वार्तालाप को समझने से हमें न केवल हमारे साथी प्राणियों के बारे में अधिक जानने में मदद मिल सकती है, बल्कि यह संसार के साथ हमारे अन्तर्सम्बन्ध बनाने के नए तरीके भी उजागर कर सकता है। 2015 का नोबेल पुरस्कार संयुक्त रूप से विलियम सी. कैम्पबैल, सातोषी ओमुरा एवं यू यू टू को ऐसे रसायनों की खोज करने के लिए दिया गया, जो राउन्डवर्म तथा मलेरिया के परजीवी द्वारा पैदा की जाने वाली बीमारियों का उपचार करते हैं। ये रसायन कीटाणु और पौधों के द्वारा सम्भवतः सूक्ष्म जीवाणुओं (माइक्रोब्स) जैसे उनके शत्रुओं को विकर्षित करने के लिए निर्मित किए जाने वाले प्राकृतिक उत्पाद होते हैं। उनके वार्तालापों को सुनकर, इन नोबेल पुरस्कार विजेताओं ने बीमारी का उपचार करने का एक नया तरीका खोज लिया।

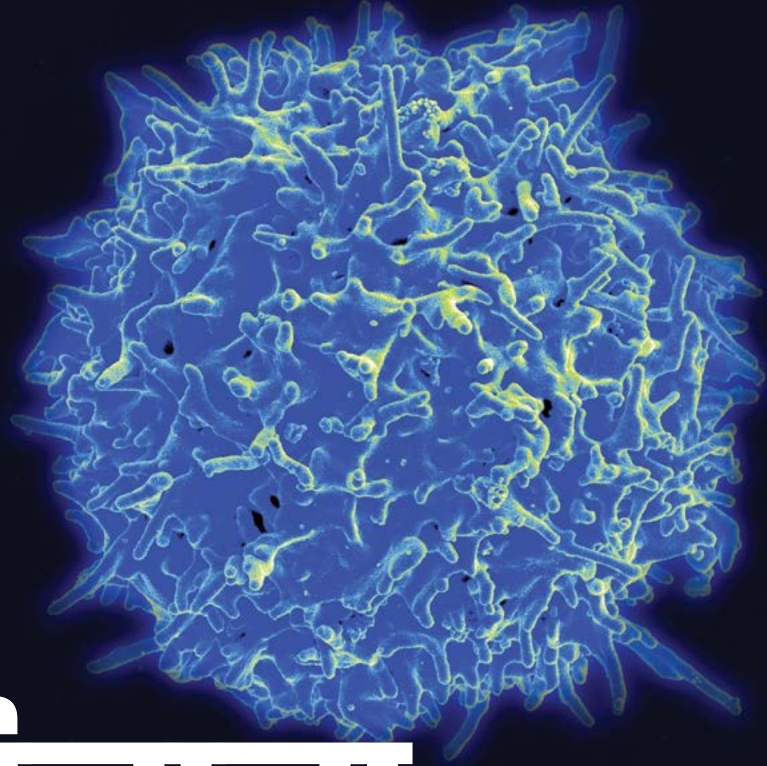
अगली बार जब आप रुककर किसी फूल को सूँघेंगे हैं, या किसी रसीले आम का स्वाद लेंगे, तो मैं आशा करती हूँ कि आप एक क्षण के लिए उस आश्चर्यजनक रासायनिक भाषा को सराहेंगे जिसका वे उपयोग कर रहे हैं, और उस मधुर कहानी को सुनने की कोशिश करेंगे जो वे आपको सुना रहे हैं।



References

1. Roelofs, W.L. (1995). Chemistry of sex attraction. Proc Natl Acad Sci USA 92, 44–49.
2. Cardé, R.T., and Willis, M.A. (2008). Navigational strategies used by insects to find distant, wind-borne sources of odor. J Chem Ecol 34, 854–866.
3. Raguso, R.A., and Roy, B.A. (1998). "Floral" scent production by Puccinia rust fungi that mimic flowers. Mol Ecol 7, 1127–1136.
4. Haynes, K., Yeargan, K., and Gemeno, C. (2001). Detection of prey by a spider that aggressively mimics pheromone blends. Journal of Insect Behavior 14, 535–544.
5. Rasmann, S., and Turlings, T.C.J. (2007). Simultaneous feeding by aboveground and belowground herbivores attenuates plant-mediated attraction of their respective natural enemies. Ecol Letters 10, 926–936.
6. Jordt, S.E., and Julius, D. (2002). Molecular basis for species-specific sensitivity to "hot" chili peppers. Cell 108, 421–430.
7. Tewksbury, J.J., and Nabhan, G.P. (2001). Seed dispersal. Directed deterrence by capsaicin in chilies. Nature 412, 403–404.
8. Tewksbury, J.J., Reagan, K.M., Machnicki, N.J., Carlo, T.A., Haak, D.C., Peñaloza, A.L.C., and Levey, D.J. (2008). Evolutionary ecology of pungency in wild chilies. Proc Natl Acad Sci USA 105, 11808–11811.

शैनन ओल्सन अमेरिका के न्यूयार्क राज्य के ग्रामीण इलाके में बड़ी हुईं। उन्हें हमेशा से उनके आसपास के संसार से लगाव था। वे अक्सर सोचती थीं कि प्रकृति में मौजूद विभिन्न जीवरूप किस तरह इतनी सुन्दरता से साथ रहने और काम करने में समर्थ होते थे। शैनन ने कालेज में रसायनविज्ञान का अध्ययन किया। वहाँ अपने अन्तिम वर्ष में वे पहली बार एक फेरोमोन का संश्लेषण करने में सफल हुईं। जब उन्होंने देखा कि उनके द्वारा निर्मित एक चीज किसी अन्य जीवरूप के व्यवहार को प्रभावित कर सकती थी, तो वे रासायनिक पारिस्थितिकी के प्रति आकर्षित हुईं। वे अपनी अभिरुचियों के सिलसिले में स्वीडन और जर्मनी गईं। आजकल वे भारत में हैं और यहाँ की विराट जैवविविधता की रासायनिक पारिस्थितिकी को समझने पर अपना ध्यान केन्द्रित कर रही हैं। **अनुवाद :** सत्येन्द्र त्रिपाठी



वायरस से हाथ मिलाना

श्रीकान्त के. एस.

हम निरन्तर सभी परिमाणों और आकारों वाले सूक्ष्म जीवाणुओं के साथ अन्तर्क्रियाएँ करते रहते हैं। लेकिन, इनमें से बहुत थोड़ी-सी अन्तर्क्रियाओं के परिणामस्वरूप रोग पैदा होते हैं। तो रोग पैदा करने वाले सूक्ष्म जीवाणु हमारे शरीर में किस तरह से प्रवेश करते हैं? मानव शरीर किस तरह उनसे अपनी रक्षा करता है? यह लेख सामान्य जुकाम के सन्दर्भ में ऐसे कुछ सवालों की छानबीन करता है।

"मैंने स्वयं के एक वायरस या कैंसर कोशाणु (सैल) होने की कल्पना करने की कोशिश की और यह समझने की कोशिश की कि वह होना कैसा लगता होगा।" जोनस साक (वैज्ञानिक तथा पोलियो वैक्सीन के आविष्कारक)

जब आप किसी से मिलते हैं तो क्या करते हैं? यदि आप पहली बार मिल रहे हैं तो आप विनम्रता पूर्वक उनका अभिवादन करते हैं या उनसे हाथ मिलाते हैं। यदि आप किसी मित्र से मिल रहे हैं, तो आप उनकी ओर देखकर मुस्कुराते हैं, या गले लगकर उनका अभिवादन करते हैं। लेकिन तब क्या होता है जब वह कोई ऐसा व्यक्ति हो जिसे आप पसन्द नहीं करते या जिससे खतरा महसूस करते हैं? ज्यादा सम्भावना यह है कि तब आप उसको नजरअन्दाज करने की कोशिश करते हैं, और कुछ परिस्थितियों में उससे लड़ भी सकते हैं। हमारे जीवन के प्रतिदिन के क्रियाकलाप बहुत से लोगों के साथ होते हैं - मित्र, परिवारजन, वे लोग जिनके साथ हम काम करते हैं या अध्ययन करते हैं। लेकिन क्या आपको पता है कि आपका शरीर भी काफी कुछ इसी प्रकार के तरीकों से प्रतिदिन हजारों जीवरूपों के साथ निरन्तर अन्तर्क्रियाएँ करता रहता है? आप पूछ सकते हैं कि वह ऐसा 'कब, कहाँ और क्यों' करता है? इसे समझने के लिए, चलिए हम ऐसी कुछ अन्तर्क्रियाओं पर एक नजर डालते हैं, और इसके लिए उन अन्तर्क्रियाओं

से बेहतर उदाहरण और क्या होगा जो साधारण जुकाम के परिणामस्वरूप होती हैं!

संक्षेप में, जुकाम के सभी रूप वायरसों के कारण पैदा होते हैं। यदि जुकाम पैदा करने वाले वायरसों के साथ मानव शरीर की अन्तर्क्रियाओं पर कोई फिल्म बनाई जाती, तो बहुत सम्भावना है कि उसका शीर्षक होता 'कोशाणुओं के युद्ध : जुकाम के वायरस का हमला'। किसी भी अन्य लोकप्रिय फिल्म की तरह, इसमें भी एक खलनायक (सूक्ष्म परन्तु चालाक जुकाम का वायरस) होता, एक नायिका (हमारा शरीर) होती जिसे यह खलनायक कष्ट पहुँचाना चाहता है, और कई नायक (छोटे किन्तु साहसी रोग प्रतिरोधी सैल या कोशाणु)।

> वायरस एक नन्हा-सा सूक्ष्म जीवरूप होता है जो धूल के एक कण से भी छोटा होता है! आमतौर पर वायरस एक प्रोटीन की पर्त के भीतर एक न्यूकलिक अम्ल का बना होता है, और वह केवल किसी दूसरे जीवित कोशाणु या मेजबान के भीतर बहुगुणित होकर फैलता है।

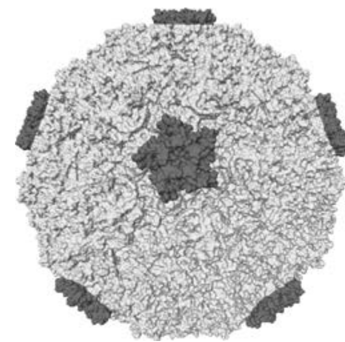
जुकाम का वायरस

अब मुझे इजाजत दें कि मैं आपका परिचय हमारी कहानी के खलनायक, अर्थात वायरस, से करवाऊँ। जुकामों का कारण कई विभिन्न प्रकार के वायरस हो सकते हैं, लेकिन सभी जुकामों में से 80 प्रतिशत तक जिस वायरल प्रजाति के कारण होते हैं उसे राइनोवायरस कहते हैं।

> मनुष्यों को जुकाम प्राचीन काल से होता रहा है। अधिकांश वयस्क व्यक्तियों को साल में दो बार जुकाम होता है, जबकि बच्चों को यह साल में 6 से 12 बार तक हो सकता है।

राइनोवायरस क्या होता है? यह एक बहुत छोटा वायरस होता है, वास्तव में इतना छोटा कि इसे केवल ऐसे बहुत शक्तिशाली माइक्रोस्कोप से ही देखा जा सकता है, जिसे इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप कहते हैं। इसका वास्तविक परिमाण केवल 30 नैनोमीटर या 0.000003 मिलीमीटर (जो कि एक गैंडे के आकार के लगभग एक अरबवें भाग के बराबर छोटा है!) होता है। एक आम राइनोवायरस बहुत कुछ एक फुटबाल की तरह दिखता है, जिसमें पंचभुजी हिस्से एक-दूसरे से जुड़कर लगभग एक गोलाकार संरचना बनाते हैं। परन्तु, जहाँ एक फुटबाल की बाहरी सतह चिकनी होती है, वहीं राइनोवायरस (जिसे अब हम जुकाम का वायरस कहें) कतई चिकनी नहीं होती - वह बहुत-सी गाँठों जैसे बाहर को निकले हुए हिस्सों से ढँकी रहती है (इन गाँठों को याद रखिए क्योंकि ये हमारी कहानी में एक महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं)। लगभग 115 अलग-अलग प्रकार के राइनोवायरस पाए जाते हैं जिनमें बहुत मामूली अन्तर होते हैं।

और आगे बढ़ने से पहले, मैं जानता हूँ कि आप बेताबी से क्या सुनने का इन्तजार कर रहे हैं। यदि इसकी शक्ल एक गैंडे (राइनोसरस) के जैसी नहीं होती, और इसके आकार की माप



चित्र 1 : राइनोवायरस बहुत कुछ फुटबाल के जैसा दिखता है, सिवाय उन प्रोटीन की नोंकदार छड़ों के जिन्हें यहाँ सिलेटी रंग से दिखाया गया है। Source: Wikimedia Commons. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ef/Rhinovirus.PNG. GNU Free Documentation License.

जरा भी गैंडे जैसी नहीं होती तो फिर जुकाम के इस वायरस को राइनोवायरस क्यों कहते हैं? अँग्रेजी के शब्द 'राइनोज' (इसका उच्चारण राइ-नोज होता है) का अर्थ ग्रीक भाषा में 'नाक' होता है, जहाँ रहना इस वायरस को पसन्द होता है। कितनी नीरस बात है! लेकिन, कम से कम यह आपको इसके नाम को याद रखने में ज्यादा मददगार होगी।

हालाँकि जुकाम पैदा करने वाला वायरस बहुत खतरनाक

> राइनोवायरस केवल मनुष्यों, गिबन वानरों और चिम्पांजियों को ही संक्रमित करता है।

जीवाणु नहीं होता, परन्तु वह इतना ज्यादा चालाक और सफल होता है कि वह लगभग हर व्यक्ति, चाहे वह अमीर हो या गरीब, वृद्ध हो या युवा, पुरुष हो या स्त्री, सभी पर उनके जीवन में कभी न कभी हमला करता है। हममें से किसको अपनी बहती हुई नाक, गले में खराश और दर्द और हरारत भरे शरीर की याद नहीं है, यहाँ तक कि कभी-कभी ऐसा महसूस होता है कि हम संक्रमण के इस हमले से जीवित नहीं बचेंगे! लेकिन क्या हम लगभग हमेशा ही जुकाम से उबर नहीं जाते, तब भी जब हम दवाइयों के लिए किसी चिकित्सक के पास नहीं गए होते, या सिर्फ अपनी नानी-दादी का घर पर बनाया हुआ काढ़ा ही लेते हैं?

जुकाम का वायरस आपके शरीर के सम्पर्क में कैसे आता है?

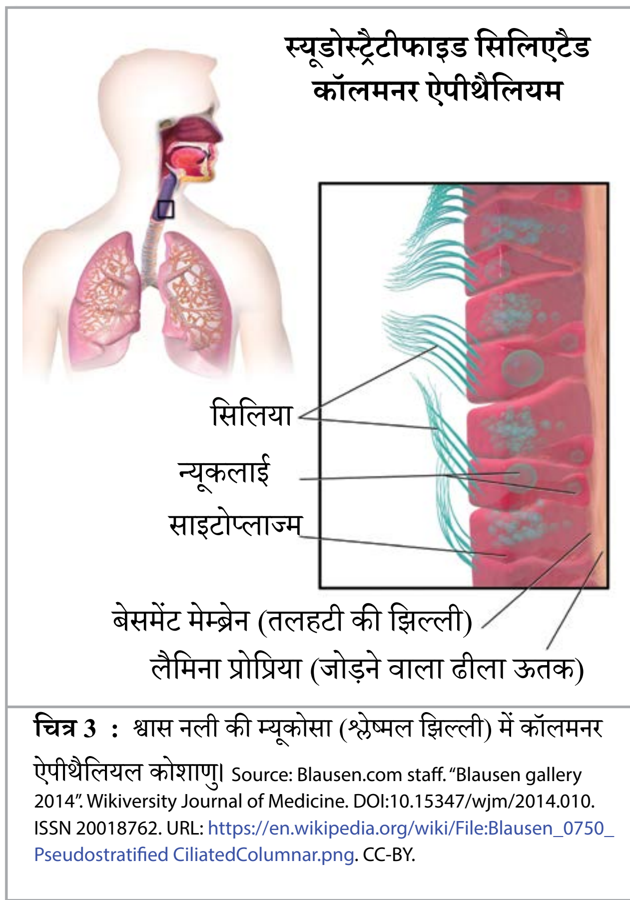
यदि आप (या आपके मित्र या परिवार के सदस्य) जुकाम से पीड़ित हैं, तो छींकते या खाँसते समय अपनी नाक और मुँह को ढाँक लें और अपने हाथों को साबुन और पानी से धो लें, ताकि आप वायरस को फैलने से रोक सकें।



चित्र 2 : किसी संक्रमित व्यक्ति की छींक के साथ छोटी-छोटी बूँदों के रूप में बाहर आने वाले वायरसों के कारण ही ऐरोसोल संक्रमण होता है। Source: James Gathany - CDC Public Health Image library ID 11162. Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Sneeze#/media/File:Sneeze.JPG.Image in Public Domain

यह वायरस केवल तभी आप तक पहुँचकर आपको संक्रमित कर सकता है जब आप किसी ऐसे व्यक्ति के नजदीकी सम्पर्क में हों जो पहले से ही जुकाम से पीड़ित हो। यदि हम बहुत जानकार समझे जाना चाहते हैं तो हम इसे 'सम्पर्क से हुआ सम्प्रेषण' कहेंगे। जब एक बीमार व्यक्ति किसी वस्तु को छूता है (जैसे कि दरवाजे का हैण्डिल, किताबें, पानी की बोतलें या कपड़े) तो वह उन पर लाखों जुकाम के वायरस छोड़ देता है। जुकाम के वायरस किसी संक्रमित वस्तु पर 4-5 घण्टे तक जीवित बचे रह सकते हैं (मौसम जितना ज्यादा ठण्डा होता है, वे उतने ही ज्यादा समय तक जीवित रह सकते हैं)। जब इसका सन्देह न करने वाला कोई स्वस्थ व्यक्ति किसी जुकाम से संक्रमित व्यक्ति से हाथ मिलाने, या वायरस से संक्रमित किसी सतह को छूने के बाद अपनी नाक या मुँह को छूता है, तो वायरस उस व्यक्ति के नैजो-फैरिंक्स (आपके गले में पीछे की ओर की खोखली जगह जो नाक और मुँह को जोड़ती है) में प्रवेश कर जाता है। कुछ मामलों में, आप तब भी जुकाम को पकड़ सकते हैं, जब इससे बीमार कोई व्यक्ति आपके नजदीक खाँसता या छींकता है - तब वायरस छोटी-छोटी बूँदों के रूप में बाहर आता है और हवा में तैरता रहता है (बहुत कुछ उसी तरह जैसे सुगन्ध की शीशी से किया गया छिड़काव हवा में तैरता है), और फिर सीधा आपकी नाक में पहुँच जाता है। इसे ऐरोसोल संक्रमण कहते हैं।

हम सभी जानते हैं कि हम जिस हवा को साँस के साथ अपने नथुनों से भीतर खींचते हैं वह हमारे फेफड़ों तक एक खोखली नली के जरिए पहुँचती है जिसे श्वास नली कहते हैं। इस श्वास नली के चार भाग होते हैं - नाक की खोखली जगह, फैरिंक्स, ट्रैकिया तथा ब्रोंकाई। श्वास नली की पूरी भीतरी सतह पर एक झिल्ली होती है जिसे म्यूकोसा कहते हैं, और जो अनेक पर्तों में व्यवस्थित विभिन्न प्रकार के कोशाणुओं से बनी होती है। इनमें से सबसे बाहर की परत ऐपीथैलियल कोशाणुओं (वे कोशाणु जो एक परत में व्यवस्थित होकर एक ऐसा ऊतक बनाते हैं जो शरीर के आन्तरिक अंगों और आन्तरिक सतहों को ढाँके रहता है) से स्तम्भों के आकार जैसे बने होते हैं। इनमें से प्रत्येक कॉलमनर (स्तम्भ वाले) कोशाणु की सतह पर विभिन्न अणु होते हैं, जो रिसैप्टर्स (ग्राही) कहलाते हैं, और जिनके अनोखे नाम भी होते हैं, जैसे कि आईसीएएम1 तथा एलडीएल रिसैप्टर्स। जैसे ही वायरस किसी स्वस्थ व्यक्ति की नाक तक पहुँचता है, वह अपना कुटिल काम शुरू कर देता है। वायरस की बाहरी सतह पर गाँठों जैसे उभारों की याद करें। तो, नाक की म्यूकोसा पर स्थित कोशाणुओं के रिसैप्टर्स को पकड़ने के लिए, वायरस इन गाँठों को अपने उपांगों (हाथ-पैर) की तरह से इस्तेमाल करता है। **यह बहुत कुछ वैसा ही है जैसे कि दो**



चित्र 3 : श्वास नली की म्यूकोसा (श्लेष्मल झिल्ली) में कॉलमनर ऐपीथैलियल कोशाणु। Source: Blausen.com staff. "Blausen gallery 2014". Wikiversity Journal of Medicine. DOI:10.15347/wjm/2014.010. ISSN 20018762. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Blausen_0750_Pseudostratified CiliatedColumnar.png. CC-BY.

लोग मिलने पर हाथ मिलाते हैं, सिवाय इसके कि वायरस बहुत बदतमीज होता है और फिर कोशाणु का हाथ नहीं छोड़ता!

एकबारगी जब हमारे श्वास मार्ग की बाहरी तह निर्मित करने वाले इन म्यूकोसल कोशाणुओं में से किसी एक से यह वायरस चिपक जाता है, तो यह एक बहुत धूर्तता भरा काम करता है। यह कोशाणु की दीवार में एक छेद करता है और उसमें से कोशाणु के भीतर अपनी आनुवांशिक सामग्री को इंजेक्शन की तरह डालता है। यहीं पर यह वायरस हमें दिखाता है कि हालाँकि यह धूल के एक कण से भी छोटा होता है, पर यह बहुत ज्यादा चालाक भी होता है। यह कोशाणु को चकमा देकर उसे यह सुझा देता है कि वह वायरल आर.एन.ए. उसी कोशाणु का हिस्सा है। इस भ्रम को न पकड़ पाने के कारण, बेचारा मेजबान कोशाणु उस वायरल आर.एन.ए. की लाखों नकलें बनाने के लिए अपनी ऊर्जा और संसाधनों का इस्तेमाल करता है। फिर, इनमें से प्रत्येक आर.एन.ए. अणु कोशाणु को भ्रम में रखकर उससे एक फुटबाल जैसे प्रोटीन का आवरण बनवाता है जिस पर गाँठें उभरी रहती हैं। इस प्रकार लाखों नए वायरस जन्म ले लेते हैं। और यह सारा काम वायरस के स्वयं अपनी ऊर्जा या संसाधनों को खर्च किए बगैर ही पूरा हो जाता है।

> रिसैप्टर कोशाणु की सतह पर (और कभी-कभी कोशाणु के भीतर भी) बनी ऐसी संरचना होती है जो किन्हीं खास पदार्थों या अणुओं को पकड़े रह सकती है।

इस समय तक मेजबान कोशाणु के सारे संसाधन समाप्त हो चुकते हैं। तब नए निर्मित वायरस उनके मेजबान कोशाणु को तोड़कर बाहर आ जाते हैं, और इस प्रक्रिया में उसे मार डालते हैं, फिर वे तेजी से उसके पड़ोसी कोशाणुओं पर हमला कर देते हैं, और इस तरह संक्रमण को जारी रखते हैं। यह कुछ ऐसा ही है जैसे कि कोई अजनबी आपके घर में परिवार का सदस्य होने का नाटक करते हुए आपको बेवकूफ बनाकर घुस जाए, और आप उसे भोजन करवाएँ, जबकि वह निरन्तर अपनी नकलें निर्मित करता रहे जब तक कि आप खुद भुखमरी का शिकार होकर मर नहीं जाते। आप जुकाम के वायरस की गति और कार्यकुशलता को इस तथ्य से समझ सकते हैं कि एक वायरस 5-8 घण्टों में लाखों नए वायरस पैदा कर सकता है।

अब जबकि आप जान गए हैं कि राइनोवायरस कितने चालाक होते हैं, और वे किस तरह हमारे शरीर के कोशाणुओं पर हमला करते हैं और उन्हें मार डालते हैं, तो मुझे आपका सवाल सुनाई देता है कि "आपने हमसे यह क्यों कहा कि यह कोई विशेष रूप से खतरनाक जीवाणु नहीं है?" इससे भी ज्यादा महत्त्वपूर्ण बात है कि किस वजह से यह हमारी नाक की खोखली जगह के सभी कोशाणुओं को समाप्त नहीं कर देता और इस प्रक्रिया में हमें भी नहीं मार डालता?

रोग प्रतिरोधी प्रतिक्रिया

तभी यहाँ भले नायकों का आगमन होता है। भाइयो और बहनो, हमारे शरीर के साहसी रक्षकों का जोर से ताली बजाकर अभिवादन कीजिए! मुझे इजाजत दें कि मैं आपका परिचय शक्तिशाली 'डैंड्रिटिक कोशाणु', शाही 'मैक्रोफेज', मेहनती 'बी कोशाणु' और अन्त में भरोसेमन्द 'टी कोशाणु' से करवाऊँ। हमारी कहानी के चरमोत्कर्ष पर पहुँचने और अच्छाई तथा बुराई की शक्तियों के बीच युद्ध के होने के पहले मैं जल्दी से आपको हमारे रोगरोधी प्रतिरक्षा तंत्र (इम्यून सिस्टम) के कोशाणुओं के बारे में बता दूँ।

हमारा रोगरोधी प्रतिरक्षा तंत्र ही उन लाखों कीटाणुओं से हमारी रक्षा करता है जो हमारे जीवन के हर क्षण हमारे शरीर के साथ अन्तर्क्रिया करते रहते हैं। इस प्रतिरक्षा तंत्र के कोशाणुओं की जीवनगाथा हमारी हड्डियों के भीतर, उस नरम लाल हिस्से में

मनुष्यों सहित, सभी पशु अपनी आनुवांशिक सामग्री की तरह डी.एन.ए. का उपयोग करते हुए प्रजनन करते हैं या स्वयं को बहुगुणित करते हैं। तमाम जानकारियाँ, जैसे कि हमारी आँखों का रंग, हमारे बाल सीधे होंगे या घुँघराले, आदि, हमारे डी.एन.ए. के भीतर निहित होती हैं, जिसे हम अपने माता-पिता से प्राप्त करते हैं। इससे अलग, राइनोवायरस की आनुवांशिक सामग्री आर.एन.ए. के रूप में होती है जो हमारे शरीर के भीतर के डी.एन.ए. जैसी ही भूमिकाएँ निभाता है।

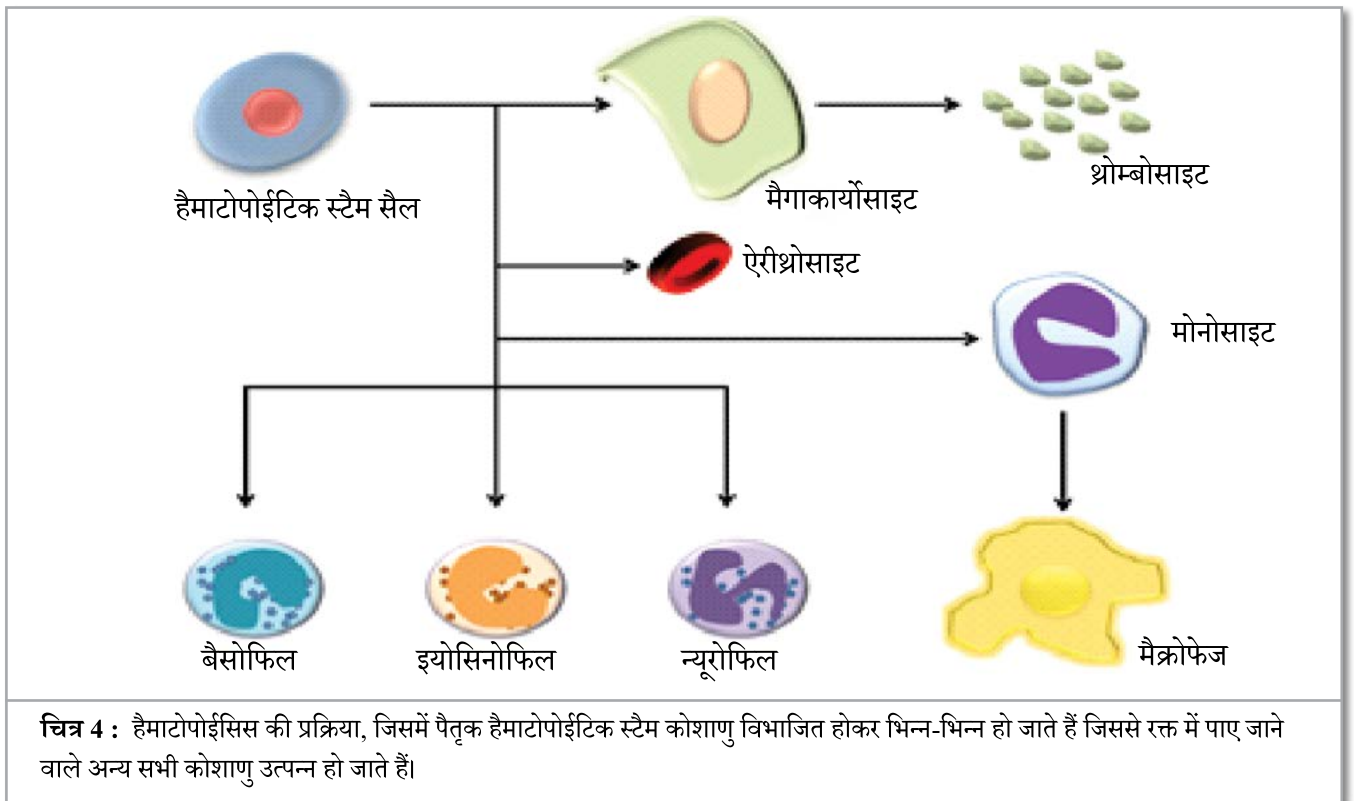
आरम्भ होती है जिसे अस्थि मज्जा कहा जाता है। यहीं पर कुछ बहुत प्रतिभाशाली कोशाणु जन्म लेते हैं, जिन्हें हैमाटोपोईटिक स्टैम सैल्स कहते हैं। इन कोशाणुओं में विभिन्न प्रकार के सभी रक्त कोशाणुओं को निर्मित करने की क्षमता होती है। इस प्रकार, ऐरीथ्रोसाइट्स (जो ऑक्सीजन के वाहक होते हैं और खून को उसका लाल रंग देते हैं), लिम्फोसाइट्स (टी तथा बी कोशाणु), बैसोफिल्स, न्यूट्रोफिल्स, इयोसिनोफिल्स तथा मोनोसाइट्स (जो मैक्रोफेज तथा डैंड्रिटिक कोशाणुओं को पैदा करते हैं), ये सभी अस्थि मज्जा में ही निर्मित होते हैं। यहाँ से वे रक्त के माध्यम से शरीर के विभिन्न अंगों में पहुँचते हैं। अधिकांश मोनोसाइट्स, बैसोफिल्स, इयोसिनोफिल्स, टी सैल तथा बी सैल खून में ही बने रहते हैं और निरन्तर आक्रमणकारियों की तलाश में पूरे शरीर में प्रवाहित होकर विचरण करते रहते हैं। कुछ मोनोसाइट्स हमारी त्वचा और नाक की खोखली जगह की म्यूकस झिल्लियों, ओइसोफेगस (भोजन नली) और आँतों तक पहुँच जाते हैं और वहाँ पहुँचकर वे अधिक परिपक्व रूपों में परिवर्तित हो जाते हैं जिन्हें डैंड्रिटिक सैल कहते हैं। इससे अलग, जो मोनोसाइट्स यकृत और फेफड़ों जैसे अंगों में पहुँचते

इस बीमारी में हम जो गाढ़ा चिपचिपा रिसाव या बलगम (जिसे अँग्रेजी में फ्लैम कहते हैं) पैदा करते हैं, उसमें वायरस के द्वारा मार डाले गए कोशाणु और लाखों लाख वायरस होते हैं। जुकाम में आमतौर पर गले और नाक में होने वाली खराश उन हजारों म्यूकोसल कोशाणुओं के कारण होती है जो वायरस के द्वारा मारे जा रहे होते हैं, और जिसके कारण ये जगहें लाल और खराश वाली हो जाती हैं।

हैं, वे अधिक परिपक्व मैक्रोफेज कोशाणुओं में परिवर्तित हो जाते हैं।

कहानी पर वापस लौटें। जब जुकाम का वायरस पहली बार हमारी नाक में प्रवेश करता है और नाक की म्यूकोसा के कोशाणुओं पर हमला करता है, तो हमले का शिकार हुए कोशाणु साइटोकाइन्स नाम के रसायनों को छोड़ने के द्वारा सहायता के लिए पुकार लगाते हैं। जिस तरह आप गर्म समोसों की गन्ध पाकर नाक से सूँघते हुए उस जगह पहुँच जाते हैं जहाँ यह गन्ध सबसे तेज होती है, उसी तरह साइटोकाइन्स भी प्रतिरक्षा कोशाणुओं का मार्गदर्शन करते हुए उन्हें हमले की जगह पर ले जाते हैं। खून में मौजूद बैसोफिल तेजी से सबसे पहले उस जगह पर पहुँचते हैं। जब बैसोफिल हमलाग्रस्त कोशाणु तक पहुँचते हैं, तो वे एकदम खतरा महसूस करते हैं और सहायक ताकतों को बुलाने के लिए एक अन्य बहुत ताकतवर रसायन छोड़ते हैं। यह वैसा ही है जैसा कि किसी जहाज के समुद्र में डूबने के समय होता है। तब नाविक एकदम "मेडे, मेडे, मेडे" कहते हुए एक रेडियो सन्देश भेजते हैं। यह सन्देश आसपास की नौकाओं द्वारा पकड़ लिया जाता है, और वे तेजी से मदद के लिए उस जगह आती हैं। डूबते हुए जहाज के पास पहुँचकर वे जितने लोगों की मदद कर सकती हैं वह करती हैं, पर साथ ही वे तेज रोशनी वाले पटाखे हवा में फेंकती हैं ताकि बचावकार्य करने वाले दूसरे जहाज और हवाई जहाज वहाँ पहुँचकर अन्य जीवित बचे लोगों को ढूँढ़ सकें।

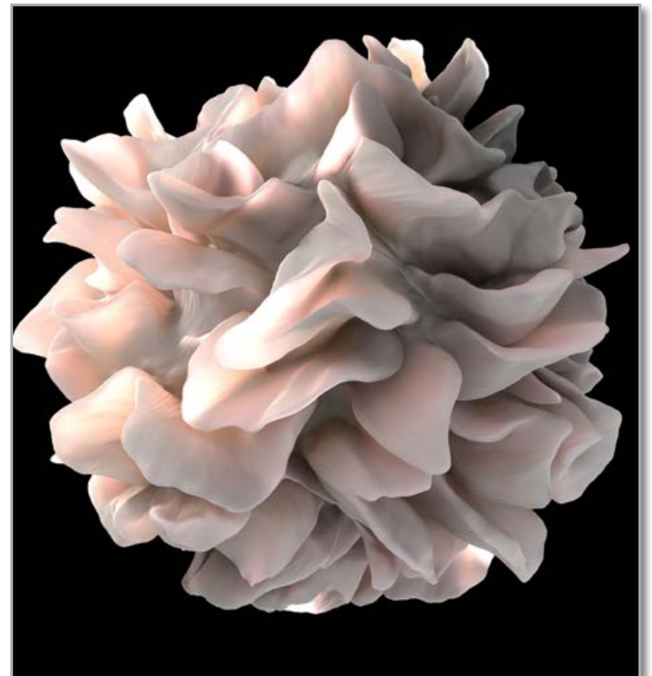
बैसोफिल द्वारा प्रेषित वे रासायनिक संकेत म्यूकोसा में मौजूद डैंड्रिटिक कोशाणुओं तथा मैक्रोफेजों द्वारा ग्रहण किए जाते हैं। ये कोशाणु तत्काल सक्रिय हो जाते हैं और आक्रमणकारियों पर हमला करना शुरू कर देते हैं। वे न केवल किसी मेजबान कोशाणु के बाहर दिखने वाले किसी वायरस को निगल लेते हैं (खा जाते हैं) बल्कि कुछ संक्रमित म्यूकोसल कोशाणुओं को भी निगल जाते हैं। आक्रमणकारियों को खा जाने वाली यह प्रक्रिया वैज्ञानिक भाषा में 'फेगोसाइटोसिस' कहलाती है। एकबारगी जब वायरस या संक्रमित कोशाणु को निगल लिया जाता है, तो उसे विशेष थैलियों में, जिन्हें लाइसोम कहते हैं और जिनमें कई ऐंजाइम और ऐसिड होते हैं, छोटे-छोटे टुकड़ों में चबा लिया जाता है। यह वैसा ही है जैसे कि हमारा खाया हुआ भोजन हमारे थैली जैसे पेट में पचाया जाता है। जो बात इसे दिलचस्प बनाती है वह है पचाए गए वायरस की नियति। मैक्रोफेज और डैंड्रिटिक कोशाणु अपनी झिल्लियों की बाहरी सतह पर झण्डों की तरह वायरस के चबाए गए टुकड़ों को प्रदर्शित करते हैं, लगभग ऐसे कि जैसे कह रहे हों कि "मैंने इस वायरस को मार डाला है और यह रहा उसका प्रमाण"।



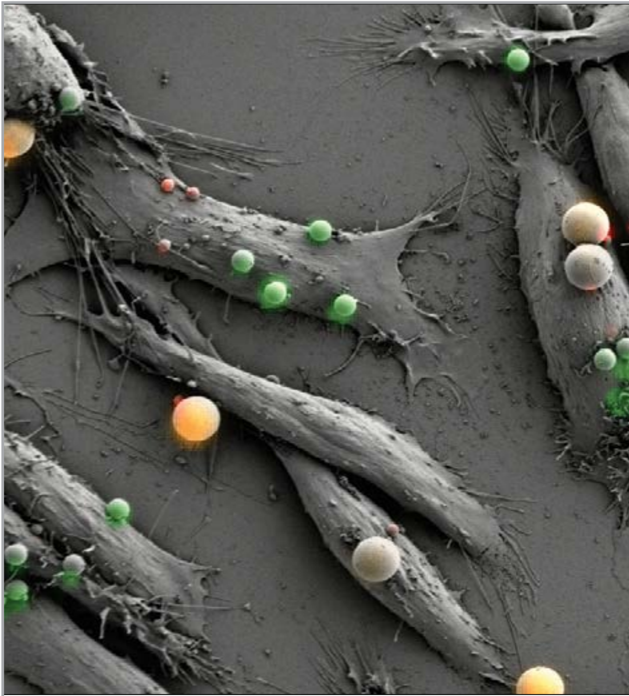
चित्र 4 : हैमाटोपोईसिस की प्रक्रिया, जिसमें पैतृक हैमाटोपोईटिक स्टैम कोशाणु विभाजित होकर भिन्न-भिन्न हो जाते हैं जिससे रक्त में पाए जाने वाले अन्य सभी कोशाणु उत्पन्न हो जाते हैं।

फिर झण्डे लिए हुए ये मैक्रोफेज पूरे शरीर की यात्रा करते हुए यकृत जैसे अंगों तक पहुँच जाते हैं और रास्ते में इनका सम्पर्क लिम्फोसाइटों (टी कोशाणु तथा बी कोशाणु) से होता है। लिम्फोसाइट मैक्रोफेज या डैंड्रिटिक कोशाणु की सतह पर इन झण्डों (वायरस के कणों) को देखते हैं। टी तथा बी कोशाणुओं की सतह पर ऐसे अणु होते हैं जो इन वायरल कणों को केवल तभी पहचान सकते हैं और उनसे बन्ध बना सकते हैं जब वे मैक्रोफेज कोशाणु की सतह पर लगे हों। यह वैसा ही है जैसे कि आप किसी पार्टी में जाएँ और वहाँ किसी अजनबी को देखें। आप उस अजनबी से तब तक बात नहीं करते जब तक कि किसी साझा मित्र के द्वारा उससे आपका परिचय नहीं करवाया जाता।

स्टैम सैल हमारे शरीर के मास्टर सैल (आधार कोशाणु) होते हैं। उनमें हमारे पूरे जीवन भर विभाजित होते रहने की, और विभिन्न प्रकार के कोशाणु रूप धारण कर सकने की क्षमता होती है। वे निरन्तर मरे हुए या क्षतिग्रस्त कोशाणुओं के स्थान पर नए कोशाणुओं की आपूर्ति करते हुए हमारे शरीर की सुधार व्यवस्था की तरह काम करते हैं। हैमाटोपोईटिक स्टैम सैल विभिन्न प्रकार के किन्ही भी रक्त कोशाणुओं को निर्मित कर सकते हैं।



चित्र 5 : चित्रांकन के रूप में एक डैंड्रिटिक सैल की सतह।
Source: National Institutes of Health (NIH), Wikimedia Commons. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Dendritic_cell_revealed.jpg. Image in Public Domain.

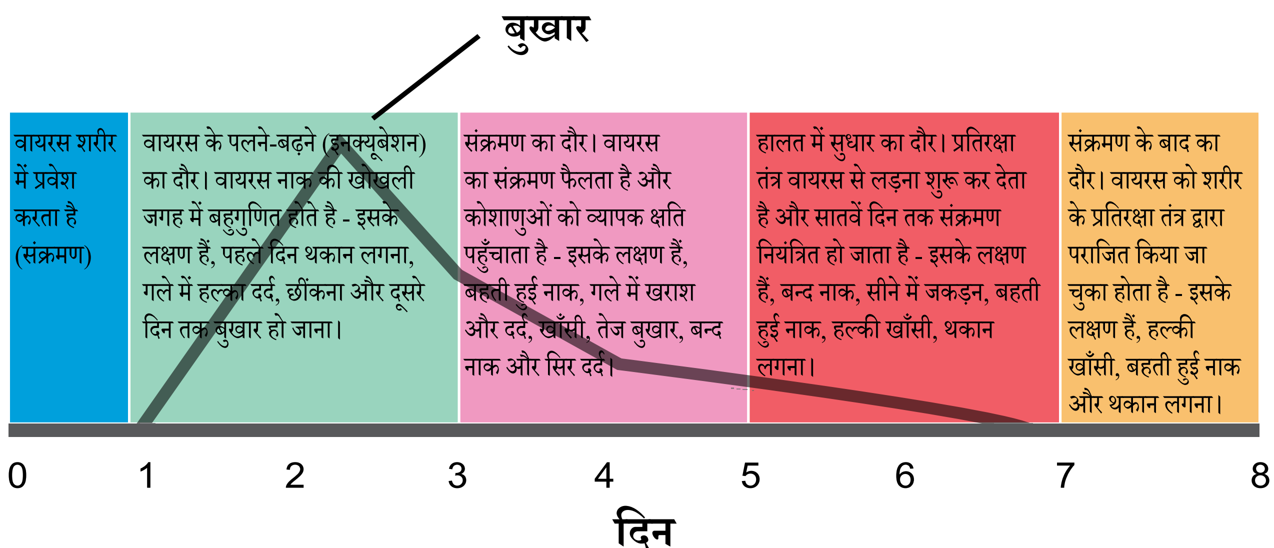


चित्र 6 : कई मैक्रोफेज कोशाणु (फ्लूरोसेंट मनकों के साथ)।
स्रोत : जैफ्रे एल. कैप्लान एवं कर्क जे. जिमेक द्वारा प्रस्तुत नमूना। Bioimaging Center, Delaware Biotechnology Institute. Imaging by ZEISS Microscopy Labs, Munich, Germany. URL: https://c1.staticflickr.com/9/8368/8574591304_66c9ae7e6e_b.jpg. CC-BY-NC-ND.

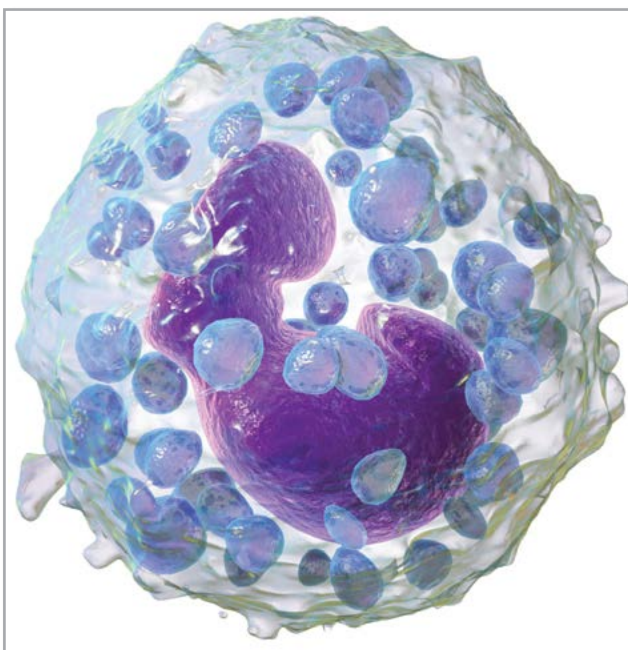
एकबारगी उचित रूप से वायरस से परिचय करवा दिए जाने पर टी कोशाणु ‘सक्रिय’ हो जाते हैं और अब वे उस वायरस से स्वयं निपटने में समर्थ होते हैं (अब उन्हें किसी परिचय की जरूरत नहीं रह जाती)। लेकिन पहले वे बहुत तेजी से बहुगुणित होकर हजारों ‘सक्रिय’ टी कोशाणु पैदा कर लेते हैं। इसे समझने के लिए, कल्पना कीजिए कि आप एक रक्षक कुत्ते को विस्फोटकों से भरे थैले को सुँघा देते हैं। फिर वह रक्षक कुत्ता उस गन्ध को याद रखता है, और फिर वह ऐसे पदार्थों को कहीं भी किसी के पास भी सूँघकर पहचान लेता है। यदि वह रक्षक कुत्ता अपनी अनेक नकलें बना सकता, जिनमें से प्रत्येक में विस्फोटकों को सूँघने की यह क्षमता भी बनी रहती, तो वे कुत्ते, बहुत कुछ इन नए उत्पादित सक्रिय टी कोशाणुओं की नकलों जैसे ही होते। ये सक्रिय टी कोशाणु ही वह मुख्य फौज होती है जो जुकाम के वायरस को हराने में मदद करती है। वे तेजी से नाक की खोखली जगह की रणभूमि की ओर कूच करते हैं, जहाँ वे शरीर के सामान्य कोशाणुओं में से उन्हीं जैसे दिखने वाले सभी संक्रमित मानवीय कोशाणुओं को जैसे ‘सूँघकर’ ढूँढ़ निकालते हैं। फिर, इसके पहले कि वायरस को इन कोशाणुओं के भीतर बहुगुणित होने का मौका मिले, वे वायरस से संक्रमित इन सभी कोशाणुओं पर टाक्सिन्स (विषैले पदार्थ) कहलाने

कब क्या होता है?

(सामान्य जुकाम के संक्रमण के दौरान घटने वाली घटनाओं की समय सारिणी)



चित्र 7 : घटनाओं की समय सारिणी

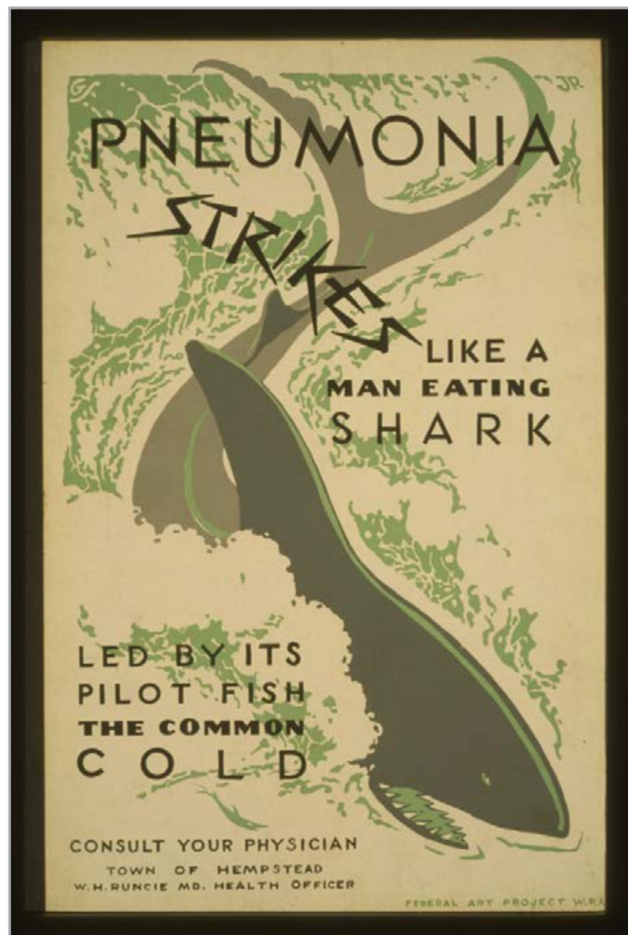


चित्र 8 : एक बैसोफिल का 3-डी चित्रांकन।

Source: Blausen.com staff. "Blausen gallery 2014". Wikiversity Journal of Medicine. DOI:10.15347/wjm/2014.010. ISSN 20018762. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5d/Blausen_0077_Basophil.png.
CC-BY-NC-ND.

वाले शक्तिशाली रसायनों से हमला करके उन्हें मार डालते हैं। यह कारगर ढंग से वायरस को बहुगुणित होने और फैलने से रोक देता है और इस तरह उसे हमारे शरीर में से समाप्त कर देता है। चूँकि ये टी कोशाणु शरीर के संक्रमित कोशाणुओं को मार डालते हैं, इसलिए उन्हें 'साइटोटाक्सिक टी कोशाणु' (साइटो - सैल या कोशाणु, टाक्सिक - विषैला) कहते हैं। कुछ सक्रिय टी कोशाणु सक्रिय बी कोशाणुओं को ऐसे अणु पैदा करने में मदद करते हैं, जिन्हें एन्टीबाडीज (रोग प्रतिकारक) कहते हैं और जो किन्ही भी दिखाई दे रहे वायरसों से बन्ध बना सकते हैं और उन्हें निष्क्रिय करने में सहायक होते हैं। एन्टीबाडीज हमारे शरीर में लम्बे समय तक बने रह सकते हैं और फिर उसी वायरस के हमले को रोकने में मदद कर सकते हैं, इस तरह वे भविष्य में भी हमारी रक्षा करते हैं। एक बार फिर अच्छाई की ताकतों की बुराई की ताकतों पर जीत हो गई होती है और हमें एक दुष्ट कष्ट से छुटकारा मिल जाता है, हालाँकि हम इस युद्ध से थोड़े कमजोर हो गए होते हैं, और हमें अपनी ऊर्जा और जीवन का जोश फिर से वापिस पाने के लिए कुछ समय की जरूरत होती है।

कुछ सक्रिय टी तथा बी कोशाणु अपनी जानकारी के संग्रह में वायरस की तस्वीर बचाकर रखते हैं, और वे बहुत समय तक जीवित रह सकते हैं। अगली बार जब वही वायरस शरीर में प्रवेश करता है, तो इस याददाश्त से उनको उसे पहचानने में मदद मिलती है, और इसके पहले कि वायरस को बीमारी पैदा करने का अवसर मिले, वे उसे तुरन्त मार डालते हैं। ये टी तथा बी कोशाणु 'याददाश्त वाले टी और बी कोशाणु' कहलाते हैं, और ये हमारे शरीर को वायरस के खिलाफ लम्बे समय तक रोगरोधी क्षमता प्रदान करते हैं।



चित्र 9 : निमोनिया हमला करता है, एक आदमखोर शार्क की तरह, जिसके आगे-आगे उसे रास्ता दिखाने वाली मछली चलती है, जो है साधारण जुकाम। अपने चिकित्सक की सलाह लें। नागरिकों को "अपने चिकित्सक की सलाह लेने" के लिए प्रोत्साहित करने वाला पोस्टर।

Source: Federal Art Project, Work Projects Administration Poster Collection (Library of Congress), 1937. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Pneumonia_strikes_like_a_man_eating_shark.jpg. चित्र पब्लिक डोमेन में है।

सामान्य जुकाम का कोई इलाज ज्ञात नहीं है। एन्टीबायोटिक्स (जो बैक्टीरिया से हमारी रक्षा करती हैं) वायरसों के खिलाफ किसी काम की नहीं होतीं, और वे हमें केवल ऐसे बैक्टीरिया (कीटाणुओं) से बचाने में मदद करती हैं, जो हमारी कमजोर हालत को एक मौके की तरह देखकर हमला कर सकते हैं। अन्य दवाएँ, जैसे कि पैरासिटामोल और एस्पिरिन, केवल लक्षणों से राहत देने का काम करती हैं। इसी कारण से यह कहावत प्रचलित है कि “बिना इलाज के जुकाम 7 दिन तक चलता है, और इलाज करने पर जुकाम एक सप्ताह चलता है”!

मैं आशा करता हूँ कि आपको यह कहानी मजेदार लगी होगी। क्या कहा? आपका एक और सवाल है? हमें जुकाम बार-बार क्यों होता रहता है (खास तौर से चूँकि मैंने कहा है कि हमारे पास हमारी रक्षा करने के लिए रोगरोधी प्रतिरक्षा और याददाश्त की व्यवस्था है)? यह एक जबर्दस्त सवाल है। याद करें कि मैंने आपको बताया था कि लगभग 115 प्रकार के राइनोवायरस होते हैं। प्रत्येक बार जब हम किसी विशेष प्रकार के वायरस से संक्रमित होते हैं, तो हमें केवल उस विशेष प्रकार के वायरस से रोगरोधी प्रतिरक्षा प्राप्त हो जाती है, पर दूसरे प्रकार के वायरसों से नहीं। इसके अलावा, इन्फ्लुऐंजा वायरस, पिकोर्नावायरस (जिसके 99 प्रकार होते हैं), कोरोनावायरस और ऐडेनोवायरस, जैसे अन्य वायरस भी जुकाम पैदा कर सकते हैं, इस तरह हमारे शरीर के लिए जुकाम के खिलाफ रोगरोधी प्रतिरक्षा विकसित करना बहुत कठिन हो जाता है।

अगली बार जब आपको जुकाम हो, तो चिन्ता न करें! आपकी अपनी निजी सेना चौकस है और वह इस कष्टदायक खतरे से आपकी रक्षा करेगी!



Related online resources:

The Human Immune System and Infectious Disease. In the History of Vaccines. Retrieved from http://www.historyofvaccines.org/content/articles/human-immune-system-and-infectious-disease

Understanding How Your Immune System Works (A Cartoon Story). Retrieved from http://www.healthaliciousness.com/blog/How-Your-Immune-System-Works-A-Cartoon-Story.php

Animation: The Immune Response. Retrieved from http://highered.mheducation.com/sites/0072507470/student_view0/chapter22/animation__the_immune_response.html

Rhinoviruses. In eMedicine. Retrieved from http://web.archive.org/web/20080102183521/http:/www.emedicine.com/med/topic2030.htm.

References

1. Geo F. Brooks, Karen C. Carroll, Janet S. Butel, Stephen A. Morse, Timothy A. Mietzner. (2012). Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology. The McGraw-Hill Companies. 26th Edition.
2. Willey J, Sherwood L, Woolverton C. (2007). Prescott, Harley and Klein's Microbiology. McGraw-Hill Higher Education. 6th edition.

श्रीकान्त के. एस. एक स्वतंत्र शोध सलाहकार हैं। उन्होंने इम्यूनोलोजी में डाक्टरेट की उपाधि प्राप्त की है। उनकी रुचि का प्राथमिक क्षेत्र होस्ट-पैथोजन इंटरैक्शन्स (मेजबान-रोगाणु अन्तर्क्रियाएँ) है। उनसे sriikis@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी

चार बुनियादी बल

श्रीनिवासन कृष्णन

प्रकृति में चार बुनियादी बल संसार की सभी ज्ञात अन्तर्क्रियाओं को निर्धारित करते हैं। ये चार बल क्या हैं? वे कैसे उत्पन्न होते हैं? चार ही क्यों और अधिक क्यों नहीं? यह लेख, बुनियादी चार बलों के गुणों का वर्णन करते हुए, इनमें से कुछ सवालों की छानबीन करता है, और यह देखता है कि वे किस तरह हमारे दैनिक जीवन को आकार देते हैं।

बल हमारे चारों ओर काम करते रहते हैं। वे विविध प्रकारों और रूपों में आते हैं। उदाहरण के लिए, जो भी चीज ऊपर की ओर फेंकी जाती है वह गुरुत्वाकर्षण के बल के कारण अपरिहार्य रूप से वापिस नीचे आती है, हम एक-दूसरे पर धक्का देने या खींचने के बल लगाते हैं, वाहनों के चलने में कई स्प्रिंग सड़कों के उभारों या गड्ढों के कष्टदायक झटकों के असर को कम करते हैं, चुम्बकीय बल जो रहस्यपूर्ण तरीके से काम करते हुए कम्पास (दिशासूचक यंत्र) की सुई को हमेशा उत्तर की सीध में कर देते हैं, समुद्री तूफानों के द्वारा प्रदर्शित बल, वे चमत्कारिक रूप से शक्तिशाली विघटन के बल जो परमाणु बमों के द्वारा पैदा होते हैं इत्यादि। यह सूची तो व्यावहारिक रूप से अन्तहीन है।

परन्तु, यह दर्शाने वाले अत्यधिक प्रमाण हैं कि ये सभी विविध बल, वास्तव में, केवल **चार** बुनियादी बलों के स्वरूपों को प्रकट करते हैं (हालाँकि इनकी संख्या को सिर्फ दो तक सीमित कर देने के लिए पर्याप्त सैद्धान्तिक प्रमाण हैं, पर बेहतर होगा कि उन्हें कभी बाद के लिए बचा लिया जाए)। केवल चार ही क्यों? इसका सीधा-सा उत्तर है कि हमारे पास इसके लिए ही प्रमाण उपलब्ध हैं। प्रकृति में काम करने वाले ये चार बल हैं (सबसे शक्तिशाली से सबसे कमजोर के क्रम में) - शक्तिशाली बल, विद्युत चुम्बकीय बल, कमजोर बल तथा गुरुत्वाकर्षण बल। हम विद्युतीय तथा चुम्बकीय बलों (अब इन्हें एक ही बल, जिसे विद्युत चुम्बकीय बल कहते हैं, के दो पहलुओं की तरह देखा जाता है), और साथ ही गुरुत्वाकर्षण के बल के बारे में बहुत प्राचीन समय से जानते रहे हैं। इसके विपरीत, दो अन्य बलों - शक्तिशाली तथा कमजोर बलों - की खोज केवल पिछली सदी में ही हुई। इस

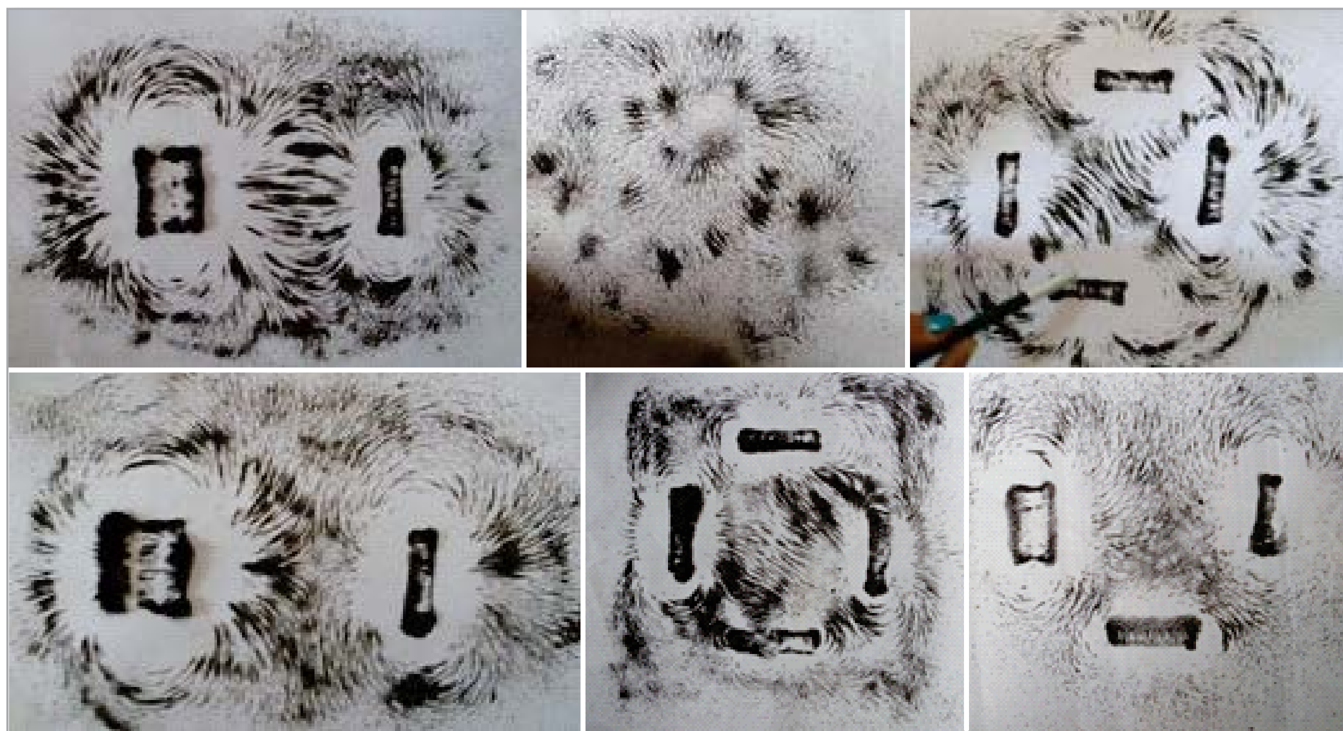
खोज ने प्राथमिक कणों (प्रोटॉनों, न्यूट्रॉनों, इलेक्ट्रॉनों तथा उनके बीच की अन्तर्क्रियाओं) के संसार को देखने के हमारे नजरिए में, और सबसे अधिक महत्त्वपूर्ण बात है कि परमाणु शक्ति का दोहन करने की हमारी क्षमता में, नाटकीय परिवर्तन ला दिया है।

बलों की धारणा का स्थान अब ज्यादातर **क्षेत्रों (फील्ड्स)** की अवधारणा ने ले लिया है। क्षेत्र एक ऐसा प्रभाव होता है, जो अन्तरिक्ष (स्पेस) के किसी हिस्से में एक या अनेक कणों के द्वारा पैदा किया जा सकता है, और जो अन्य कणों पर कोई बल लगा सकता है। फील्ड के एक उदाहरण के लिए, चुम्बकों का इस्तेमाल करने वाली निम्नलिखित गतिविधि पर नजर डालें।

प्रयोग : दूरी पर काम करने वाला चुम्बकीय प्रभाव

दो चुम्बक लें। क्रमशः उनके उत्तरी तथा दक्षिणी ध्रुवों को चिन्हित कर दें। अब चुम्बकों को मेज पर इस तरह रखें कि उन दोनों चुम्बकों के उत्तरी ध्रुव (या दक्षिणी ध्रुव) एक-दूसरे के आमने-सामने हों। यह सुनिश्चित कर लें कि वे एक-दूसरे से पर्याप्त दूर हों ताकि उनमें से कोई हिले नहीं। फिर धीरे-धीरे दोनों को पास लाएँ जब तक कि आपको दोनों चुम्बकों के बीच एक विकर्षण न महसूस होने लगे, और उनमें अपने आप एक-दूसरे से दूर हटने की प्रवृत्ति न दिखाई देने लगे। अब उनके बीच की दूरी को दर्ज कर लें। इस प्रयोग को ज्यादा ताकतवर और कमजोर चुम्बकों के साथ दोहराएँ। इस प्रयोग का एक दूसरा स्वरूप विरोधी ध्रुवों को एक-दूसरे के सामने करके किया जा सकता है (सावधान रहें, क्योंकि यदि चुम्बक पर्याप्त रूप से ताकतवर हैं तो वे आसानी से टूट सकते हैं)। इस बदले हुए प्रयोग में भी इसका अवलोकन करें कि दोनों चुम्बकों के अपने आप एक-दूसरे की ओर गति करना शुरू करने के लिए उन्हें कितनी दूरी पर रखना पड़ता है।

इन प्रयोगों से यह स्पष्ट हो जाएगा कि दोनों चुम्बक एक-दूसरे की उपस्थिति को तब भी महसूस कर सकते हैं जब उनके बीच में कोई भौतिक सम्पर्क नहीं होता। किसी चुम्बक का यह गैर-भौतिक प्रभाव ही उसका **चुम्बकीय क्षेत्र (मैग्नेटिक फील्ड)** कहलाता है। जैसे ही पहला चुम्बक दूसरे चुम्बक के चुम्बकीय क्षेत्र में प्रवेश करता है, वह एक बल का अनुभव करता है (और दूसरा चुम्बक भी ऐसा ही अनुभव करता है)। इस क्षेत्र को **देखना** काफी आसान है। चुम्बक को एक कड़क कागज के नीचे रखिए और उस कागज के ऊपर बारीक लोहे को रेतने से बने चूरे को छिड़किए। इस चूरे के कण अपने को ऐसी संरचनाओं (पैटर्नों) में व्यवस्थित कर लेंगे जो दो आयामी कागज पर चुम्बकीय क्षेत्र की आकृति को स्पष्ट रूप से दर्शाएँगी। हम दो या दो से अधिक चुम्बकों और लोहे के चूरे के



चित्र 1 : एक कागज की शीट के नीचे चुम्बकों को रखकर उस पर लोहे के चूरे से बनी चुम्बकीय क्षेत्र की रेखाओं की कुछ तस्वीरें। क्या आप ऊपर के चित्र में एक-दूसरे के सामने रखे गए विरोधी ध्रुवों को पहचान सकते हैं?

साथ यह प्रयोग कर सकते हैं, जिससे हमें **चित्र 1** में दर्शाई गई तस्वीरों जैसी आकृतियाँ प्राप्त होंगी।

बलों की अवधारणा के स्थान पर क्षेत्रों की अवधारणा का इस्तेमाल करने के सबसे महत्त्वपूर्ण कारणों में से एक यह है कि क्षेत्रों की अवधारणा हमें यह समझा सकने का एक सुन्दर तरीका प्रदान करती है कि किस तरह विन्यास में किए गए किन्ही भी परिवर्तनों, जैसे कि परिमाणों या आवेशों के परिवर्तनों, को किसी दूसरी जगह पर कितनी **जल्दी** महसूस किया जा सकता है। उदाहरण के लिए, यदि सूर्य अचानक गायब हो जाए, तो पृथ्वी पर काम करने वाला उसका गुरुत्वाकर्षण बल एकाएक शून्य हो जाएगा। लेकिन हमें इसका पता एकदम उसी समय न लगकर लगभग 8 मिनट बाद चलेगा (प्रकाश को सूर्य से यहाँ तक की यात्रा करने में इतना समय लगता है), क्योंकि यह **परिवर्तन**, पहले से मौजूद गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र में से होकर, प्रकाश की गति से सम्प्रेषित किया जाता है।

गुणधर्मों और प्राथमिक कणों का क्षेत्र

वास्तव में, उपरोक्त चारों बलों में से प्रत्येक किसी ऐसे खास गुण को निरूपित करता है जो कि उन कणों में होता है जिनके द्वारा वह बल पैदा किया जाता है और अनुभव किया जाता है। उदाहरण के लिए, गुरुत्वाकर्षण का बल केवल ऐसे कणों के बीच काम करता है जिनमें वह गुण होता है जिसे **मात्रा या द्रव्यमान (मास)** कहते हैं। विद्युत चुम्बकीय बल केवल ऐसे कणों पर काम करता है जिनमें **विद्युतीय आवेश** होता है। शक्तिशाली बल केवल ऐसे कणों पर काम करते हैं जिनमें वह गुण होता है जिसे वैज्ञानिक **कलर** कहते हैं (यहाँ यह शब्द कलर अर्थात रंग के हमारी आँखों के द्वारा होने वाले बोध के अर्थ से बिलकुल भिन्न है - परन्तु जाहिर है कि वे लोग जो इसका नामकरण कर रहे थे कोई भिन्न रोचक नाम नहीं सोच पाए)। और अन्त में, कमजोर बल केवल ऐसे कणों पर काम करते हैं जिनमें वह गुण होता है जिसके लिए हमने **फ्लेवर** नाम चुना है (एक बार फिर से इसका फ्लेवर अर्थात स्वाद की हमारी सामान्य समझ से कोई सम्बन्ध नहीं है)। ये गुण एक-दूसरे से स्वतंत्र माने जाते हैं, अर्थात एक गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र किसी कलर के गुण में हस्तक्षेप नहीं कर सकता और एक चुम्बकीय क्षेत्र किसी कण के द्रव्यमान में हस्तक्षेप नहीं कर सकता। परन्तु प्रत्येक प्रकार की फील्ड जो ऊर्जा उत्पन्न कर सकती है, उसे आसानी से एक रूप से दूसरे रूप में बदला जा सकता है। उदाहरण के लिए, गुरुत्वाकर्षण की ऊर्जा को चुम्बकीय ऊर्जा में, या शक्तिशाली बल के द्वारा पैदा की गई ऊर्जा को विद्युतीय ऊर्जा में बदला जा सकता है (जैसा कि एक परमाणु संयंत्र में होता है), और इसके अन्य उदाहरण भी हो सकते हैं।

प्राथमिक कणों के एक शानदार परिचय के लिए देखें:
1.पार्टिकिल डाटा ग्रुप ऑफ द लारेंस बर्कले नैशनल लेबोरेटरी (एलबीएनएल)।
URL: http://particleadventure.org/ या
2. सीईआरएन (सर्न) आउटरीच साइट।
URL: http://home.cern/students-educators

प्राथमिक कणों के भौतिक विज्ञान का जन्म, सम्भवतः 1897 में, जे. जे. थामसन के द्वारा इलेक्ट्रॉन की खोज के साथ हुआ था। फिर 1914 में रदरफोर्ड ने प्रयोग के द्वारा दर्शाया कि किसी परमाणु का धनात्मक आवेश (और करीब-करीब उसका पूरा द्रव्यमान) उसके केन्द्र के एक सूक्ष्म क्षेत्र, जिसे न्यूक्लियस (नाभिक) कहते हैं, में घने रूप में संचित होता है। उसके काफी समय बाद, जब एकबारगी चौडविक के द्वारा 1932 में न्यूट्रॉन को खोज लिया गया, तब इस प्रश्न, कि “पदार्थ किस चीज का बना होता है?”, का उत्तर बहुत सरलता से यह कहकर दिया जा सकता था कि वह “इलेक्ट्रॉनों, प्रोटॉनों तथा न्यूट्रॉनों” से बना होता है। एक परमाणु के स्वरूप को दर्शाने वाली तस्वीर के लिए **चित्र 2** को देखें।

आप आश्चर्य में पड़ सकते हैं कि प्रोटॉन किस तरह से सूक्ष्म नाभिक (जिसका आकार 10^{-15} मीटर के लगभग होता है) के भीतर इकट्ठे रह सकते हैं, यह जानते हुए कि वे एक-दूसरे को बहुत ताकत से विकर्षित करते हैं। युकावा[1] ने 1934 में यह मान्यता प्रस्तावित की कि कुछ मध्यस्थ कणों की आपसी अदल-बदल की अन्तर्क्रिया के कारण, जिसे **शक्तिशाली** बल कहा जाता है क्योंकि उसे (कूलम्ब) विकर्षण के बल का हरण करना पड़ता है, ऐसा होना सम्भव था। इसी प्रकार, रेडियोधर्मी सक्रिय नाभिकों के द्वारा बीटा क्षरण, जिसके परिणामस्वरूप नाभिक से इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते हैं, को समझाने के लिए फर्मी ने अत्यन्त छोटी दूरी पर काम करने वाली एक अन्य आपसी अदल-बदल की अन्तर्क्रिया की मान्यता प्रस्तावित की, जिसे **कमजोर** अन्तर्क्रिया कहा जाता है (इससे कहीं आप ऐसा तो सोचने नहीं लगे कि नाभिक के भीतर इलेक्ट्रॉन मौजूद होते होंगे? यह कतई सही नहीं है। प्रायोगिक रूप से नाभिक की सीमाओं के भीतर कभी भी इलेक्ट्रॉनों को नहीं देखा गया है, पर फिर भी वे वहाँ से उत्सर्जित होते हैं)। ये शक्तिशाली और कमजोर अन्तर्क्रियाएँ उन (नाभिकीय) अभिक्रियाओं में महत्त्वपूर्ण भूमिकाएँ निभाती हैं जो परमाणु संयंत्रों तथा परमाणु

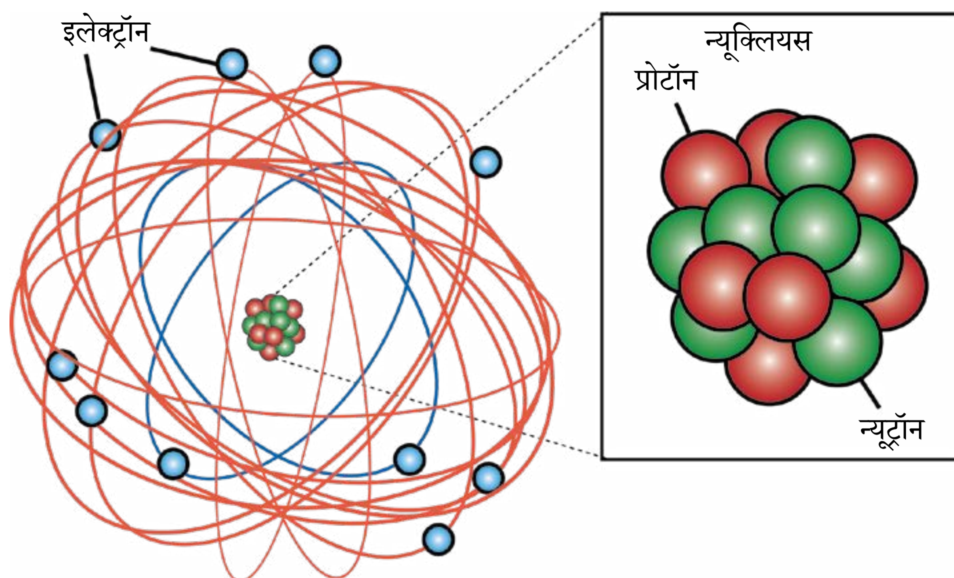
बमों के भीतर घटित होती हैं। उदाहरण के लिए, सूर्य के कोर (केन्द्रीय भाग) में ये बल चार हाइड्रोजन परमाणुओं से हीलियम के नाभिक के बनने को सुगम बनाते हैं, और उसके फलस्वरूप वह अत्यधिक ऊर्जा निकलती है जो पृथ्वी पर जीवन के लिए नितान्त आवश्यक है। हम आगे इन अदल-बदल की अन्तर्क्रियाओं को अधिक विस्तार से देखेंगे।

अवलोकन किए गए प्राथमिक कणों की संख्या 1932 में केवल तीन थी। लेकिन 1960 तक, यह संख्या लगभग एक जंगल के जैसी हो गई थी। इसके अलावा, यह परिकल्पना भी की गई कि प्रत्येक कण का एक तदनुरूप **विरोधी कण (एन्टीपार्टिकिल)** भी होगा। एक एन्टीपार्टिकिल इस प्रकार का होता है कि यदि उसकी भेंट उसके पार्टिकिल से हो जाए, तो वे दोनों एक-दूसरे को नष्ट कर देंगे और इस प्रक्रिया में विद्युत चुम्बकीय विकिरण पैदा करेंगे। ये कण भी प्रायोगिक रूप से खोजे जा रहे थे। भली बात यह है कि ये सभी कण तीन प्रमुख समूहों में वर्गीकृत किए जा सकते हैं, जिन्हें बेरियोन्स ('हैवी वेट्स'), मीसोन्स ('मिडिल वेट्स') तथा लैपटोन्स ('लाइट वेट्स') कहा जाता है। बेरियोन्स तथा मीसोन्स को सामूहिक रूप से हेड्रोन्स कहा जाता है।

बेरियोन्स के कुछ उदाहरणों में, हमें भली-भाँति ज्ञात प्रोटॉन्स तथा न्यूट्रॉन्स और कम ज्ञात लैम्बडा, सिग्मा और डेल्टा कण शामिल हैं। मीसोन्स के कुछ उदाहरणों में पियोन्स, केओन्स, ईटास तथा अन्य शामिल हैं। अन्त में, लैप्टोन्स के कुछ उदाहरणों में इलेक्ट्रॉन तथा हमारे लिए कम परिचित मुओन्स, टौओन्स, न्यूट्रिनोस इत्यादि शामिल हैं। यह याद रखें कि इन सभी कणों के तदनुरूप विरोधी कण[2] भी होते हैं।

इन सभी कणों (और विरोधी कणों) की, और साथ ही उन अन्तर्क्रियाओं की, जो इनके व्यवहार को नियंत्रित करती हैं, समझ विकसित करने के लिए ही कण भौतिकी (पार्टिकिल फिजिक्स) के **मानक प्रतिरूप (स्टैंडर्ड मॉडल)** को प्रतिपादित किया गया। यह प्रतिरूप प्रतिपादित करता है कि सभी हेड्रोन्स और भी अधिक आधारभूत कणों, जिन्हें क्वार्क्स कहते हैं, से मिलकर बने होते हैं और छह प्रकार के प्रमुख **फ्लेवरों** में पाए जाते हैं। इन फ्लेवरों को अप (यू), डाउन (डी), स्ट्रेंज (एस), चार्म (सी), ब्यूटी (बी) तथा ट्रुथ (टी) नाम दिए गए। ऐसा माना जाता है कि क्वार्कों के इन फ्लेवरों में से प्रत्येक तीन 'कलर्स', रैड (लाल), ग्रीन (हरा) और ब्लू (नीला), में पाया जाता है। इनके विरोधी कणों, एन्टी-क्वार्कों को एन्टी-कलर्स, अर्थात एन्टी-रैड (जिसे माइनस रैड या सायन भी कहते हैं), एन्टी-ग्रीन (माइनस ग्रीन या मैजेंटा), एन्टी-ब्लू (माइनस ब्लू या यलो) नाम दिए गए हैं। इसलिए, इस प्रतिरूप में क्वार्कों की कुल संख्या (और एन्टी-क्वार्कों की भी) 18 होती है।

माना जाता है कि सभी बेरियोन्स आपस में बँधे तीन क्वार्कों से मिलकर बने होते हैं। इसी प्रकार, एन्टी-बेरियोन्स भी तीन एन्टी-क्वार्कों से मिलकर बनते हैं। मीसोन्स को एक क्वार्क तथा



चित्र 2 : एक परमाणु के स्वरूप की तस्वीर। गौर करें कि इलेक्ट्रॉन की कक्षाएँ आकृति में वृत्ताकार नहीं होतीं। न्यूक्लियस में केवल प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन होते हैं और इलेक्ट्रॉन उसके बाहर चक्कर लगाते हैं। यह चित्र पैमाने के अनुसार नहीं है, और कक्षाओं की आकृति केवल उन्हें निरूपित करने के लिए है।



चित्र 3 : यहाँ हमें ज्ञात सभी कणों (प्रयोगशाला में सैकड़ों का अवलोकन किया गया है) का बहुत सरल वर्गीकरण दर्शाया गया है। उल्लेखनीय बात यह है कि निरपवाद रूप से सभी कण उपरोक्त वर्गीकरण योजना में समाहित हो जाते हैं। ।

एक एन्टी क्वार्क के बँधे हुए जोड़े से मिलकर बना हुआ माना जाता है। माना जाता है कि सभी **अवलोकन किए गए** कणों में एक विशुद्ध परिणामी 'कलर' होता है, जो कि या तो व्हाइट, अर्थात रैड, ग्रीन तथा ब्लू की या उनके एन्टी-कलर्स की बराबर मात्राओं के फलस्वरूप, होता है या फिर वह शून्य होता है जहाँ रैड तथा एन्टी-रैड की और इसी प्रकार दूसरे कलर्स की बराबर मात्राएँ होती हैं। इसके कुछ उदाहरणों के लिए **चित्र 4** को देखें।

लैप्टानों के कलर्स नहीं होते। यही कारण है कि शक्तिशाली बल का लैप्टानों पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता, हालाँकि ये कण कमजोर बल, गुरुत्वाकर्षण के बल और विद्युत चुम्बकीय बल के द्वारा प्रभावित होते हैं।

मुक्त क्वार्कों का **प्रकृति में अवलोकन नहीं किया गया है।** परन्तु, प्रयोगों ने दर्शाया है कि प्रोटॉनों तथा न्यूट्रॉनों की तीन अंगों वाली एक सूक्ष्म संरचना होती है, और यह तथ्य क्वार्क प्रतिरूप को कुछ विश्वसनीय बनाता है। इस प्रतिरूप का उपयोग करके प्रस्तुत किए गए सभी पूर्वानुमानों को वैध पाया गया है। और यह आमतौर पर माना जाता है कि यह स्टैंडर्ड मॉडल सभी प्राथमिक कणों और उनकी अन्तर्क्रियाओं का बहुत अच्छी तरह वर्णन करता है।

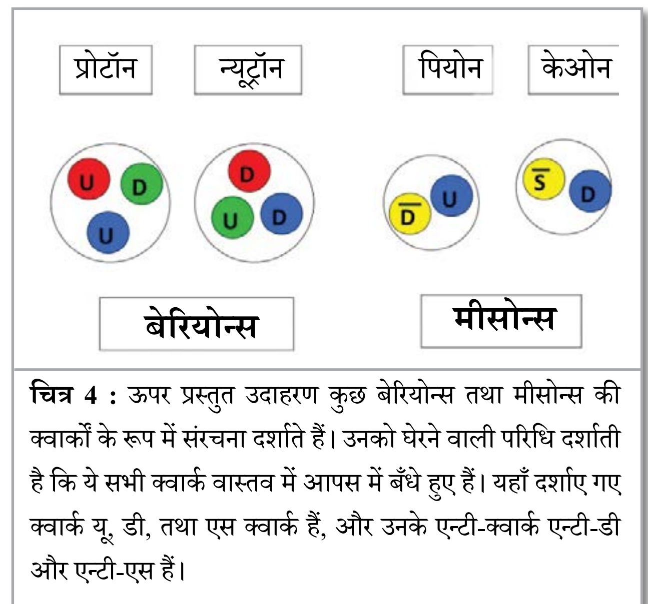
अन्तर्क्रियाओं की प्रकृति : मैसेंजर्स तथा फैब्रिक्स (सन्देशवाहक तथा ताने-बाने)

विद्युत चुम्बकीय, कमजोर तथा शक्तिशाली क्षेत्र (फील्ड्स) किस तरह उत्पन्न होते हैं, और वे किस तरह कणों के बीच होने वाली अन्तर्क्रियाओं को सुगम बनाते हैं? यह प्रतिपादित किया गया है कि प्रत्येक फील्ड को आपस में अदल-बदल करने वाले कणों, जिन्हें 'मैसेंजर्स (सन्देशवाहक)' कहा जाता है, की मदद से क्रिया करने वाली माना जा सकता है, ये मैसेंजर्स अन्तर्क्रिया करने वाले दो कणों के बीच बल का आदान-प्रदान करते हैं। विद्युत चुम्बकीय क्षेत्रों के लिए, परस्पर एक-दूसरे को प्रभावित करने वाले दो आवेशों के बीच में आगे-पीछे होते हुए, फोटोन सन्देशवाहकों की तरह काम करते हैं (क्या आप समझ सकते हैं कि यह तस्वीर किस तरह से आवेशों के बीच के आकर्षण और विकर्षण दोनों को समझाने के लिए इस्तेमाल की जा सकती है?)। शक्तिशाली बल के लिए आठ सन्देशवाहक कण होते हैं, जिन्हें **ग्लूओंस** कहा जाता है। कमजोर बल के लिए, केवल तीन सन्देशवाहक कण होते हैं, जिन्हें **वैक्टर बोसोन्स** कहा जाता है। इन सन्देशवाहकों के संक्षिप्त विवरण के लिए नीचे दी गई तालिका को देखें।

गुरुत्वाकर्षण के क्षेत्र को आजकल किस तरह समझाया जाता है? जैसा कि अन्य तीनों क्षेत्रों को समझाया जाता है, उसी प्रकार यह प्रतिपादित किया गया है कि गुरुत्वाकर्षण भी एक सन्देशवाहक के द्वारा ले जाया जाता है, जिसे ग्रेविटोन कहते हैं लेकिन अभी तक इसको खोजा नहीं गया है। परन्तु, गुरुत्वाकर्षण वास्तव में अन्य तीनों क्षेत्रों से बहुत भिन्न है। ऐसा क्यों है यह समझने के लिए हम एक सरल प्रयोग को देखें जिसका नीचे वर्णन किया गया है।

प्रयोग : हम गुरुत्वाकर्षण को निरस्त कैसे करते हैं?

यह आश्चर्यजनक रूप से आसान है। **चित्र 5** में दिए गए बाएँ



चित्र 4 : ऊपर प्रस्तुत उदाहरण कुछ बेरियोन्स तथा मीसोन्स की क्वार्कों के रूप में संरचना दर्शाते हैं। उनको घेरने वाली परिधि दर्शाती है कि ये सभी क्वार्क वास्तव में आपस में बँधे हुए हैं। यहाँ दर्शाए गए क्वार्क यू, डी, तथा एस क्वार्क हैं, और उनके एन्टी-क्वार्क एन्टी-डी और एन्टी-एस हैं।

हिस्से को देखिए। उसमें एक बन्द बोतल के भीतर भार एक स्प्रिंग से लटक रहा है। चूँकि गुरुत्वाकर्षण उस भार पर काम कर रहा है, इसलिए जाहिर है कि स्प्रिंग फैली हुई है। अब यदि बोतल को ऊपर से छोड़ा जाता है और मुक्त रूप से गिरने दिया जाता है तो वह भार ऊपर चढ़ जाता है जैसे कि स्प्रिंग कतई फैली नहीं हो, और तब तक ऊपर ही रहता है, जब तक कि बोतल नीचे जमीन पर नहीं आ जाती। यह दर्शाता है कि **स्प्रिंग तथा बोतल के सापेक्ष** तब तक कोई गुरुत्वाकर्षण बल काम नहीं कर रहा होता जब तक बोतल गिर रही होती है। इसलिए, व्यापक रूप से कहें तो किसी वस्तु पर उसके एकदम आसपास के वातावरण के सापेक्ष गुरुत्वाकर्षण को निरस्त करने के लिए, हमें उस वस्तु और उसके आसपास के वातावरण को मुक्त रूप से गिरने की अवस्था पाने में सक्षम बनाना जरूरी है। मानव यात्रियों को ले जाने वाले अन्तरिक्ष में विचरण कर रहे किसी उपग्रह के भीतर ऐसा ही होता है, जब अन्तरिक्ष यात्री और उसका उपग्रह पृथ्वी का चक्कर लगा रहे होते हैं, और इसलिए मुक्त रूप से गिरने की अवस्था में होते हैं। इसीलिए, अन्तरिक्ष यात्री को उपग्रह के सापेक्ष किसी गुरुत्वाकर्षण का अनुभव नहीं होता और वे मुक्त भाव से उसके भीतर तैरते रहते हैं।

अन्य चीजों के अलावा, इस प्रयोग के परिणाम के आधार पर ही, आइंस्टीन ने अपनी जनरल थ्योरी ऑफ रिलेटिविटी (सापेक्षता का व्यापक सिद्धान्त) का प्रतिपादन किया। यह सिद्धान्त कहता है कि गुरुत्वाकर्षण केवल अंतरिक्ष-समय (स्पेस-टाइम) के **फैब्रिक (ताने-बाने)** में किसी द्रव्यमान के द्वारा उत्पन्न विकृति (कंटोर्शन) भर होता है। आप इसे किसी तनी हुई झिल्लीनुमा सतह, जैसे कि एक ट्रैंपोलीन, पर कोई भारी वस्तु, जैसे कि एक बास्केटबॉल, रखकर समझ सकते हैं। ट्रैंपोलीन का स्वरूप अब बिगड़ जाता है या कहें कि उसमें ऐसा झोल आ जाता है कि यदि आप उस पर कुछ कंचे डालें तो वे बास्केटबॉल की ओर सीधे लुढ़कने के बजाय अन्य मार्गों से लुढ़केंगे। ये वक्राकार मार्ग भी हो सकते हैं जो बास्केटबॉल को घेरते हुए जाएँ या वे सीधी रेखा के रूप में भी हो सकते हैं।

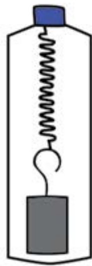
इसी समरूपता को यदि हम सौर मण्डल तथा अन्तरिक्ष में अन्य स्थानों पर लागू करें, तो फिर ग्रहों की कक्षाएँ केवल ऐसे मार्ग होती हैं जो सूर्य के कारण पैदा हुई अन्तरिक्ष की वक्रता के कारण निर्मित होती हैं, और इस दृष्टि से गुरुत्वाकर्षण का कोई वास्तविक बल (या फील्ड - क्षेत्र) मौजूद नहीं होता। तब, जैसा कि **चित्र 6** में दर्शाया गया है, गुरुत्वाकर्षण को स्पेस-टाइम में आई विकृति के रूप में देखा जा सकता है।

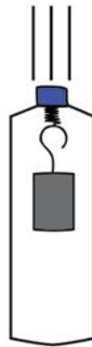
अन्तर्क्रियाओं की प्रकृति : शक्ति और दायरा

इन चार क्षेत्रों की शक्ति कितनी होती है? एक-दूसरे के सापेक्ष वे कितने ताकतवर या कमजोर होते हैं? क्या वे दूरी के साथ बदलते हैं? हम इन चार क्षेत्रों को निम्न तरीके से क्रमबद्ध कर सकते हैं। कल्पना कीजिए कि दो प्राथमिक कण, जैसे कि प्रोटॉन, एक-दूसरे के अगल-बगल रख दिए गए हों। यदि उनके बीच काम करने वाले शक्तिशाली बल को एक काल्पनिक मान 1 दिया जाए, तो हम पाएँगे कि उनके बीच के विद्युत चुम्बकीय विकर्षण बल का मान 0.001 होगा, अर्थात वह शक्तिशाली बल की तुलना में हजारवें भाग बराबर कमजोर होगा। कमजोर बल का सापेक्ष मान तब 10^{-14} होगा, अर्थात वह पहले बल की अपेक्षा सौ ट्रिलियन गुना कमजोर होगा। और अन्त में उन दो

	गुरुत्वाकर्षण	**कमजोर** (इलेक्ट्रोवीक)	**विद्युत चुम्बकीय** (इलेक्ट्रोमैग्नैटिक)	**शक्तिशाली**
जिनके द्वारा परिवहन किया जाता है	ग्रैविटोन (अभी तक इसका अवलोकन नहीं किया गया है)	$w^+ w^- z^0$	फोटोन	ग्लूओन
	सभी	क्वार्क्स तथा लैप्टान्स	क्वार्क्स तथा आवेशित लैप्टान्स एवं $w^+ w^-$	क्वार्क्स एवं ग्लूओंस

तालिका 1 : दूसरी पंक्ति में उन मध्यस्थ कणों की सूची दी गई है जो उन बलों को उत्पन्न करते हैं जिनका हम अनुभव करते हैं, और साथ ही उनको भी (जो परमाणु से भी सूक्ष्म स्तर पर कार्य करते हैं) जिनका हम अनुभव नहीं करते। हमें शक्तिशाली और कमजोर बलों के लिए इतने मध्यस्थों की जरूरत क्यों पड़ती है?





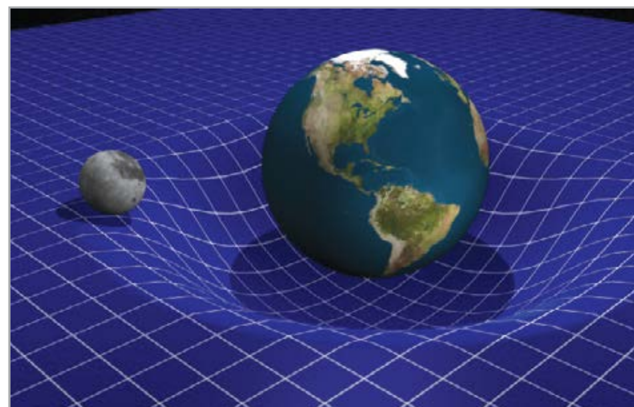




चित्र 5 : ऊपर का हिस्सा : प्रयोग का स्वरूप, नीचे का हिस्सा - वास्तविक प्रयोग। बाईं तरफ एक स्थिर बोतल के अन्दर स्प्रिंग से लटकता हुआ एक भार दर्शाया गया है। दाएँ तरफ के चित्रों में उसी बोतल को मुक्त रूप से गिरते हुए दिखाया गया है - गौर करें कि यहाँ स्प्रिंग खिंची हुई नहीं है। यह दर्शाता है कि भार पर काम करने वाला गुरुत्वाकर्षण का बल बोतल तथा स्प्रिंग के सापेक्ष यहाँ निरस्त हो जाता है।

प्रोटॉनों के बीच के गुरुत्वाकर्षण के बल का सापेक्ष मान 10^{-43} होगा, अर्थात वह दस ट्रैडसिलियन गुना कमजोर होगा!

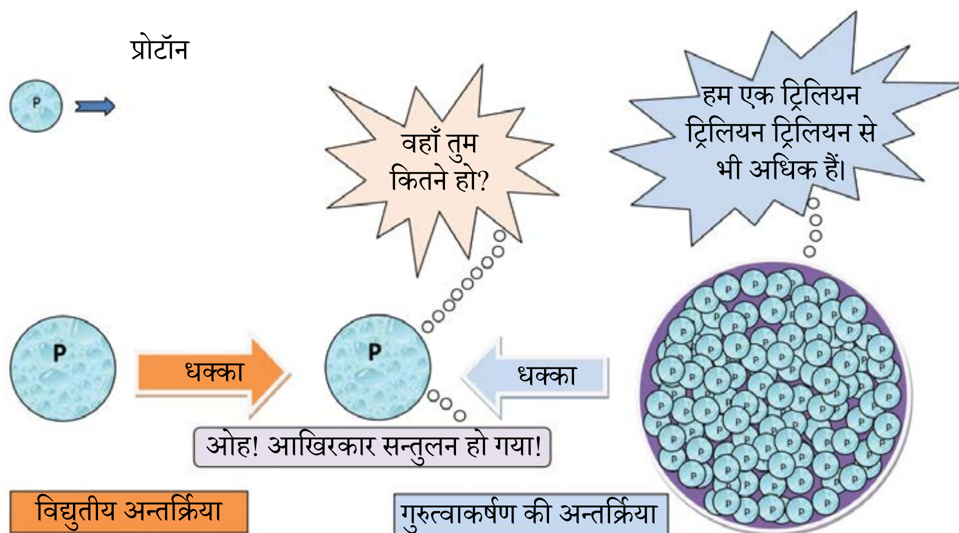
हमारे जीवन में विद्युत चुम्बकीय बल शायद सबसे महत्त्वपूर्ण बल होता है। इसका प्रमुख कारण यह है कि इलेक्ट्रॉन जो न्यूक्लियस के चारों ओर चक्कर लगाते हैं, एक-दूसरे को विकर्षित करते हैं। फिर इसका मतलब यह हुआ कि यदि दो परमाणु एक-दूसरे के बहुत ज्यादा नजदीक आने की कोशिश करते हैं तो वे ऐसा कर ही नहीं सकते। पदार्थ के सभी गुण, जिनमें खिंचाव और धकेलने के वे सभी बल शामिल हैं जिनसे हम सबसे ज्यादा परिचित होते हैं, प्रमुख रूप से परमाणुओं



चित्र 6 : गुरुत्वाकर्षण स्पेस-टाइम में आई विकृति होती है जिसे यहाँ एक अक्षीय संरचना (कोऑर्डिनेट सिस्टम - उसके जाल की रेखाओं को देखिए) के रूप में चित्रित किया गया है। यह अक्षीय संरचना ही ग्रह के द्रव्यमान से विकृत हो जाती है।
Source: This has been taken from https://i.ytimg.com/vi/cxgHz5H4AHA/maxresdefault.jpg and https://www.youtube.com/watch?v=cxgHz5H4AHA.

के बीच के इस प्रभाव के कारण ही पैदा होते हैं। चूँकि ये गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव से 10^{40} गुना जितने विराट रूप से अधिक होते हैं, इससे यह स्पष्ट हो जाता है कि हमें धरातल पर बनाए रखने के लिए पृथ्वी, जो कि आवेश की दृष्टि से लगभग उदासीन होती है, जैसे विशाल द्रव्यमान की जरूरत होती है जिससे हमारे ऊपर पर्याप्त गुरुत्वाकर्षण का खिंचाव काम कर सके। विद्युतीय बल तथा गुरुत्वाकर्षण बल की तुलना के लिए **चित्र 7** को देखें।

गुरुत्वाकर्षण तथा विद्युत चुम्बकीय, दोनों क्षेत्रों का दायरा अनन्त होता है। इन बलों से दूर हटकर उनसे छूट पाने का कोई तरीका नहीं है। परन्तु, आप जितनी दूर जाएँगे वे उतने ही कमजोर होते जाएँगे, लेकिन वे कभी भी शून्य नहीं हो सकते (हाँ, यह जरूर है कि हम किन्हीं खास बिन्दुओं पर ऐसे बलों को निरस्त कर सकते हैं, लेकिन वह और बात है क्योंकि वह करने के लिए हमें अन्य द्रव्यमानों या आवेशों की जरूरत पड़ेगी)। इसके विपरीत, शक्तिशाली तथा कमजोर क्षेत्रों का दायरा बहुत छोटा होता है, वे आमतौर पर केवल न्यूक्लियस के आकार, जो लगभग 10^{-15} मीटर होता है, की दूरियों तक काम करते हैं। इस दूरी से परे, वे शून्य हो जाते हैं। इसलिए इन दोनों प्रकार के बलों से प्रभावित होने के लिए प्राथमिक कणों को बहुत छोटी दूरियों पर अन्तर्क्रिया करने के लिए मजबूर होना पड़ता है। चूँकि तापमान और दबाव की सामान्य परिस्थितियों में परमाणु एक-दूसरे के इतने निकट नहीं आ सकते, इसलिए हम प्रत्यक्ष रूप से इन बलों का अनुभव नहीं कर सकते।



चित्र 7 : विद्युतीय तथा गुरुत्वाकर्षण के बलों की तुलना करना। बीच में दर्शाए गए प्रोटॉन पर कुल मिलाकर कोई अन्तिम बल नहीं है। बाईं तरफ से उसे एक अन्य प्रोटॉन द्वारा केवल विद्युतीय बल का उपयोग करते हुए धकेला जा रहा है। दाईं तरफ, उसे प्रोटॉनों के एक समूह के द्वारा केवल गुरुत्वाकर्षण के बल का प्रयोग करते हुए धकेला जा रहा है। दोनों बलों को सन्तुलित करने के लिए, और उसके लिए आवश्यक गुरुत्वाकर्षण के बल की शक्ति प्रदान करने के लिए, दाईं तरफ हमें जितने प्रोटॉनों की जरूरत है वह 1.25 ट्रिलियन ट्रिलियन ट्रिलियन अर्थात 1.25×10^{36} प्रोटॉन हैं।

सार रूप में कहें तो हम देखते हैं कि बहुत हद तक विद्युत चुम्बकीय क्षेत्र ही ग्रहों के आकार और उनके अवयवीय संघटन को निर्धारित करता है। आमतौर पर उपयोग की जाने वाली प्रौद्योगिक प्रणालियाँ भी इस क्षेत्र पर निर्भर करती हैं। शक्तिशाली और कमजोर बल तारों को, उनकी कोरों के भीतर बहुत उच्च तापमानों पर नाभिकीय विघटन को सम्भव बनाकर, शक्ति देते हैं। वे ही बल परमाणु बमों और परमाणु ऊर्जा संयंत्रों में शक्ति उत्पन्न करके उनको संचालित करते हैं। गुरुत्वाकर्षण का बल ब्रह्माण्ड में देखे जा सकने वाले सभी सबसे महत्त्वपूर्ण पिण्डों और संरचनाओं को पैदा करता है, जैसे कि तारे, आकाशगंगाएँ, आकाशगंगाओं के समूह आदि। इन सभी संरचनाओं में चकित करने वाले परिमाणों में, आवेश की दृष्टि से बहुत हद तक उदासीन, पदार्थ होता है। गुरुत्वाकर्षण के क्षेत्र ही ब्रह्माण्ड की सबसे अधिक ऊर्जा प्रदर्शित करने वाली घटनाओं, जैसे कि गामा किरणों के विस्फोट, सुपरनोवा आदि के लिए भी प्रत्यक्ष रूप से जिम्मेदार होते हैं। इसका कारण यह है कि पदार्थ की पर्याप्त रूप से विशाल मात्रा अन्य तीनों बलों से बहुत अधिक शक्तिशाली बल पैदा कर सकती है, और विरोधाभासी बात है कि वह ऊर्जा की विराट मात्राओं को गति प्रदान कर सकती है। इसलिए पर्याप्त रूप से भारी होने में कुछ तो महत्त्वपूर्ण है।

निष्कर्ष

कणों के बीच में होने वाली ये चार बुनियादी अन्तर्क्रियाएँ पदार्थ के अवलोकन किए गए अधिकांश गुणधर्मों का वर्णन करने के लिए पर्याप्त रही हैं, परन्तु यह असम्भव नहीं है कि भविष्य में कोई अन्य बल ऐसी आधारभूत स्थिति में आसीन हो जाएँ। उदाहरण के लिए, हाल का ब्रह्माण्डीय प्रमाण दर्शाता है कि ज्ञात ब्रह्माण्ड के 96% हिस्से में एक भिन्न प्रकार का पदार्थ और ऊर्जा, दोनों हो सकते हैं, जिन्हें क्रमशः डार्क मैटर (स्याह पदार्थ) तथा डार्क इनर्जी (स्याह ऊर्जा) कहा जाता है। ऐसा अनुमान लगाया जाता है कि डार्क मैटर का एक आकर्षित करने वाला गुरुत्वाकर्षण बल होता है, और डार्क इनर्जी का ऐसा बल होता है, जो एक विकर्षित करने वाले गुरुत्वाकर्षण बल जैसा दिखाई देता है। उन्हें डार्क कहा जाता है क्योंकि सामान्य पदार्थ के विपरीत वे विद्युत चुम्बकीय तरंगों को अवशोषित और उत्सर्जित नहीं करते। इसकी काफी सम्भावना है कि इन डार्क बलों का ज्ञान अनेक अन्य क्षेत्रों के द्वार खोल सकता है। ऐसा लगता है कि अभी खोजने के लिए बहुत-सी चौंकाने वाली बातें शेष हैं!

References

1. 'Introduction to Elementary Particles', by David Griffiths, John Wiley and Sons, New York.

2. Review of Particle Physics, Chinese Physics C Vol. 38, No. 9 (2014) 090001, Particle Data Group. See http://pdg.lbl.gov/2015/html/computer_read.html

श्रीनिवासन कृष्णन ने 2000 में आई.यू.सी.ए.ए., पुणे से एस्ट्रोफिजिक्स में अपनी पीएच.डी. की उपाधि हासिल की, जिसके बाद वे भौतिकशास्त्र तथा विज्ञान के शिक्षक की तरह एक छोटे स्कूल से जुड़ गए। उनकी वर्तमान रुचियों में पढ़ना और छोटे बच्चों के लिए प्रयोगशाला के उपकरण डिजाइन करना शामिल हैं। उनसे ksrini69@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी

पदार्थों की अन्तर्क्रियाएँ

यासमीन जयतीर्थ

आप बगीचे की मिट्टी से बर्तन क्यों नहीं बना सकते? क्या जीवन भर आपके सिर के बाल सीधे रहना ही आपकी नियति है? कृत्रिम रेशम क्या होता है? इन प्रश्नों के उत्तर आपको यहाँ मिलेंगे।

हम जानते हैं कि चार आधारभूत बलों के बीच होने वाली पारस्परिक अन्तर्क्रियाओं से ही भौतिक संसार का वर्णन किया जाता है। भौतिकशास्त्री परमाणुओं के बीच होने वाली अन्तर्क्रियाओं का कारण विद्युत चुम्बकीय बलों की क्रिया को मानते हैं। दूसरी ओर, रसायनशास्त्री इन्हीं इलेक्ट्रॉन-न्यूक्लियस के बीच होने वाली अन्तर्क्रियाओं का होना अन्य कई बलों के कारण मानते हैं, जो उन बन्धों की ताकत और संरचना पर निर्भर करता है जिन्हें वे निर्मित करते हैं। इस प्रकार, रसायनविज्ञान में, यह इन ज्यादा सूक्ष्म बलों का संयोजन ही होता है जो पदार्थों के गुणधर्मों को निर्धारित करता है। परस्पर अन्तर्क्रिया करने वाले ये बल हमें यह समझने की सुविधा देते हैं कि इतने अधिक प्रकार के पदार्थ क्यों होते हैं, जिनके सब गुणधर्म अलग-अलग होते हैं, और जो इतने प्रकार की अभिक्रियाएँ करते हैं, कि उनके कारण हमारे सहित समस्त जीवरूप खाते हैं, बढ़ते हैं और प्रजनन करते हैं। ये बल रसायनशास्त्रियों को न केवल यह समझाने में समर्थ बनाते हैं कि पृथ्वी पर पाए जाने वाले सबसे अधिक कठोर पदार्थों में से हीरा एक है, बल्कि दूसरे उतने ही कठोर पदार्थ निर्मित करने में भी सहायक होते हैं।

ये रासायनिक अन्तर्क्रियाएँ क्या हैं जो हमारे पदार्थिक संसार को आकार देती हैं? जहाँ इन अन्तर्क्रियाओं में से बहुत-सी ताकतवर और विशेष दिशा में उन्मुख होती हैं, जिन्हें बन्ध कहते हैं, वहीं दूसरी ओर अन्य भी होती हैं जिन्हें गैर-बन्ध वाली अन्तर्क्रियाएँ कहते हैं। चलिए इन अन्तर्क्रियाओं में से कुछ पर हम एक नजर डालते हैं, और इसकी छानबीन करते हैं कि बलों का संयोजन कैसे, प्राकृतिक और मानव-निर्मित, दोनों तरह के पदार्थों के गुणधर्मों को समझा सकता है। **यहाँ दिया गया वर्णन बहुत सरल है, और कोई भी हाई स्कूल या कालेज की पाठ्यपुस्तक इससे अधिक जानकारी प्रदान करेगी।**

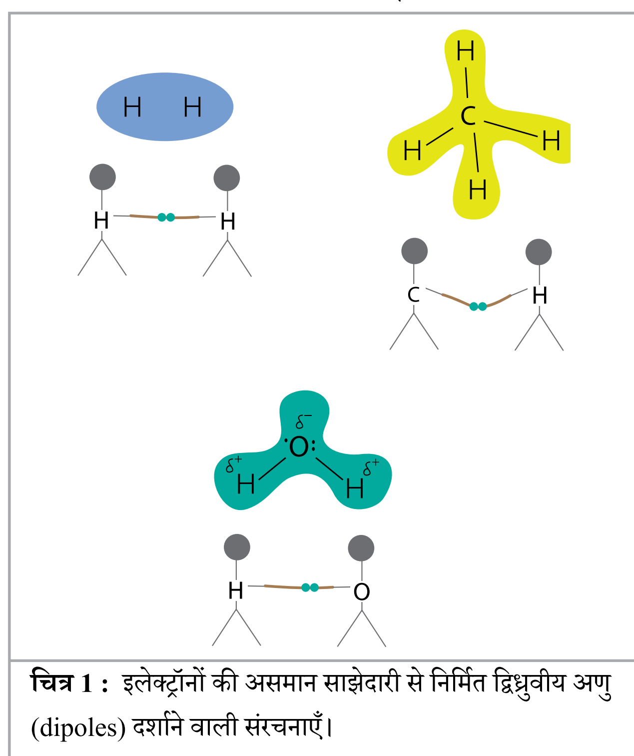
सहसंयोजी बन्ध

इलेक्ट्रॉन नाभिकों के द्वारा आकर्षित होते हैं। जब दो परमाणु मिलते हैं, तो प्रत्येक का नाभिक दूसरे के इलेक्ट्रॉनों को आकर्षित करता है, और इसलिए वे परमाणु आपस में जुड़े

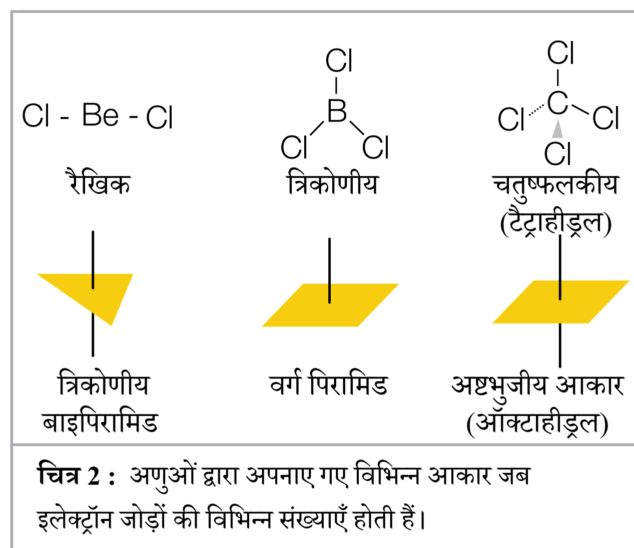
रहते हैं या बन्ध बना लेते हैं। जब दोनों परमाणु एक से होते हैं जैसे कि H_2 में, तो इलेक्ट्रॉन बराबरी से साझा किए जाते हैं और ऐसा बन्ध गैर-ध्रुवीय (**चित्र 1 ए** देखें) कहलाता है। यह तब भी हो सकता है, जब परमाणु एक जैसे नहीं होते पर उनके खींचने की ताकत एक-दूसरे के बराबर होती है, जैसे कि CH_4 में (**चित्र 1 बी** देखें)। जब एक तत्व के परमाणु का इलेक्ट्रॉनों के प्रति आकर्षण अधिक प्रबल होता है, तो वह इलेक्ट्रॉनों के साझा जोड़े को अपनी ओर खींच सकता है, और इस तरह ध्रुवीय सहसंयोजी बन्ध बनता है, जैसे कि H_2O में (**चित्र 1 सी** देखें)। ये बन्ध इस तरह व्यवस्थित होते हैं कि इलेक्ट्रॉनों के बादल एक-दूसरे से जितनी सम्भव हो उतनी दूर रहते हैं। इसके परिणामस्वरूप अणुओं में विभिन्न प्रकार की ज्यामितीय आकृतियाँ बनती हैं, जैसा कि हमें विभिन्न पदार्थों पर विचार करने से पता चलेगा (**चित्र 2** देखें)। जब खींचने की ताकतों में अन्तर बहुत ज्यादा होता है, तब एक परमाणु साझा इलेक्ट्रॉनों को पूरी तरह खींच लेता है, और इस तरह नकारात्मक आवेश से युक्त होकर **एनायन** बन जाता है। तब दूसरे परमाणु के पास एक इलेक्ट्रॉन कम होता है, और वह धनात्मक आवेश से युक्त हो जाता है जिसे **कैटायन** कहते हैं (**चित्र 3** देखें)।

आयनिक बन्ध निर्मित होना

आयनिक जाल तब निर्मित होते हैं जब किसी कैटायन का धनात्मक आवेश नकारात्मक रूप से आवेशित आयनों को अपनी ओर आकर्षित करता है, और दूसरी ओर इसके विपरीत



चित्र 1 : इलेक्ट्रॉनों की असमान साझेदारी से निर्मित द्विध्रुवीय अणु (dipoles) दर्शाने वाली संरचनाएँ।



चित्र 2 : अणुओं द्वारा अपनाए गए विभिन्न आकार जब इलेक्ट्रॉन जोड़ों की विभिन्न संख्याएँ होती हैं।

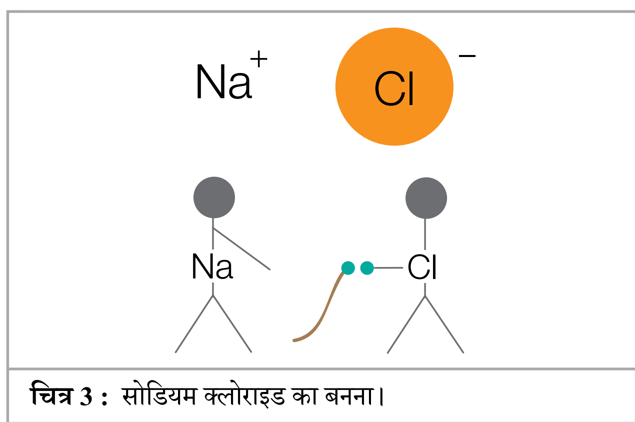
क्रिया होती है (**चित्र 4** देखें)। आयन अपने को इस जाल में किस तरह व्यवस्थित करते हैं यह उनके आवेश और आकार पर निर्भर करता है, लेकिन वे प्रबल आकर्षण के कारण आपस में इकट्ठे रहते हैं। आयनिक यौगिकों में, अर्थात जो केवल आयनों से बने होते हैं, इन अन्तर्क्रियाओं की ताकत उनके विविध प्रकार के भौतिक गुणों, जैसे कि उनके गलनांकों और पानी में उनकी घुलनशीलता, को निर्धारित करती है।

धात्विक बन्ध निर्मित होना

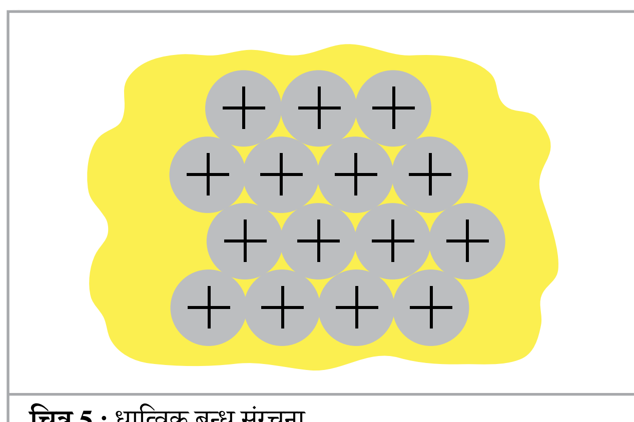
ऐसे तत्व जो अपने इलेक्ट्रॉनों को बहुत ढीले-ढाले ढंग से पकड़े रहते हैं, वे धात्विक बन्ध निर्मित करते हैं। एक धातु में धनात्मक आयनों की कतारों के व्यूह होते हैं जो इलेक्ट्रॉनों के 'समुद्र' से घिरे रहते हैं (**चित्र 5** देखें)। चूँकि ये इलेक्ट्रॉन ढीले तरीके से पकड़े गए रहते हैं, इसलिए वे इधर-उधर जा सकते हैं और अपने को पुनर्व्यवस्थित कर सकते हैं, इस कारण वे जिन धातुओं का हिस्सा होते हैं उन्हें वे विद्युत के संचालन में समर्थ और पीटकर फैलाई जा सकने योग्य (malleable) तथा तार बनाने योग्य (ductile) बना देते हैं (**चित्र 6** देखें)।

गैर-बन्धीय अन्तर्क्रियाएँ

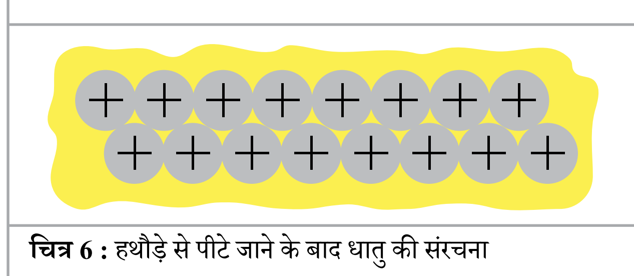
यदि कणों के बीच के बन्ध ही उनकी एकमात्र प्रकार की अन्तर्क्रिया होती, तो सभी पदार्थ या तो ठोस होते या गैस! जिन परमाणुओं या आयनों की बड़ी कतारों के ऐसे व्यूह निर्मित होते जो सहसंयोजी, आयनिक या धात्विक बन्धों द्वारा परस्पर आबद्ध रहते, वे कमरे के तापमान पर ठोस होते। इससे भिन्न छोटे अणुओं (जैसे मीथेन या पानी) में परमाणु गैसीय अवस्था में होते हैं जहाँ इन अणुओं को इकट्ठा रखने के लिए कोई बल नहीं होते और इसलिए वे एक-दूसरे से दूर जाने के लिए स्वतंत्र होते। लेकिन कमरे के तापमान पर पानी द्रव होता है। ऐसे कौन



चित्र 3 : सोडियम क्लोराइड का बनना।



चित्र 5 : धात्विक बन्ध संरचना

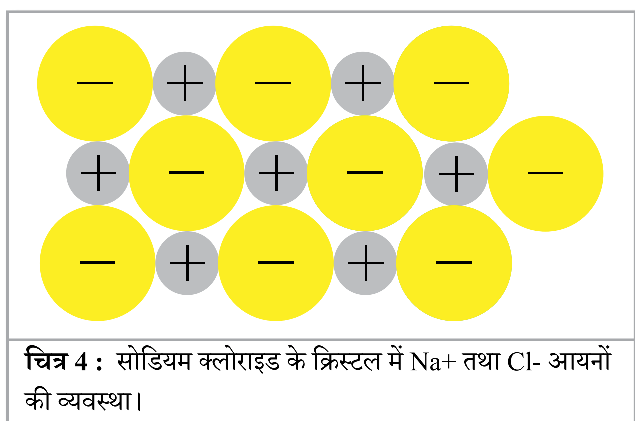


चित्र 6 : हथौड़े से पीटे जाने के बाद धातु की संरचना

से बल हैं जो पानी के अणुओं को इस तरह से इकट्ठा रखते हैं कि वे इधर-उधर होने के लिए तो स्वतंत्र होते हैं, लेकिन वे एक-दूसरे से पूरी तरह दूर नहीं भाग सकते? ये बल, जो सामूहिक रूप से गैर-बन्धीय अन्तर्क्रियाएँ कहलाते हैं, कई प्रकार के होते हैं।

गैर-बन्धीय अन्तर्क्रियाएँ कैसे उत्पन्न होती हैं? किसी भी परमाणु या अणु के चारों ओर इलेक्ट्रॉनों के आवेश का एक बादल रहता है, जो बदलता रहता है, जिसके कारण अणु में एक क्षणिक द्विध्रुव पैदा हो जाता है। यह द्विध्रुव किसी पड़ोसी अणु में एक अन्य द्विध्रुव को प्रेरित कर सकता है, जिसके कारण वे दोनों अणु थोड़ी देर के लिए इकट्ठे रहते हैं (**चित्र 7** देखें)। इस बल को **तात्कालिक द्विध्रुवीय-प्रेरित द्विध्रुवीय** (instantaneous dipole-induced dipole) अन्तर्क्रिया या फैलाव का बल कहते हैं, और यह बहुत कमजोर होता है। परन्तु, किसी अणु में जितने अधिक इलेक्ट्रॉन होते हैं, उतने ही ये बल अधिक ताकतवर होते हैं, खासतौर पर जब वे सामूहिक रूप से कार्य करते हैं (तब उनकी ऊर्जाएँ < 10 किलो जूल प्रति मोल. होती हैं)।

दूसरे प्रकार की गैर-बन्धीय अन्तर्क्रिया **द्विध्रुव-द्विध्रुव** अन्तर्क्रियाएँ होती हैं, जो उन अणुओं के द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं जिनमें ध्रुवीय बन्ध होते हैं। किसी ऐसे अणु वाले पदार्थ में जिसमें भिन्न-भिन्न इलेक्ट्रो-नकारात्मकताओं वाले परमाणु होते हैं, अणुओं के भीतर के आवेशों का ध्रुवीकरण होकर द्विध्रुव निर्मित हो जाते हैं। एक अणु का धनात्मक सिरा दूसरे अणु के नकारात्मक सिरे को आकर्षित करता है, जिसके कारण उनके गुच्छे बन जाते हैं (**चित्र 8** देखें)।



चित्र 4 : सोडियम क्लोराइड के क्रिस्टल में Na+ तथा Cl- आयनों की व्यवस्था।

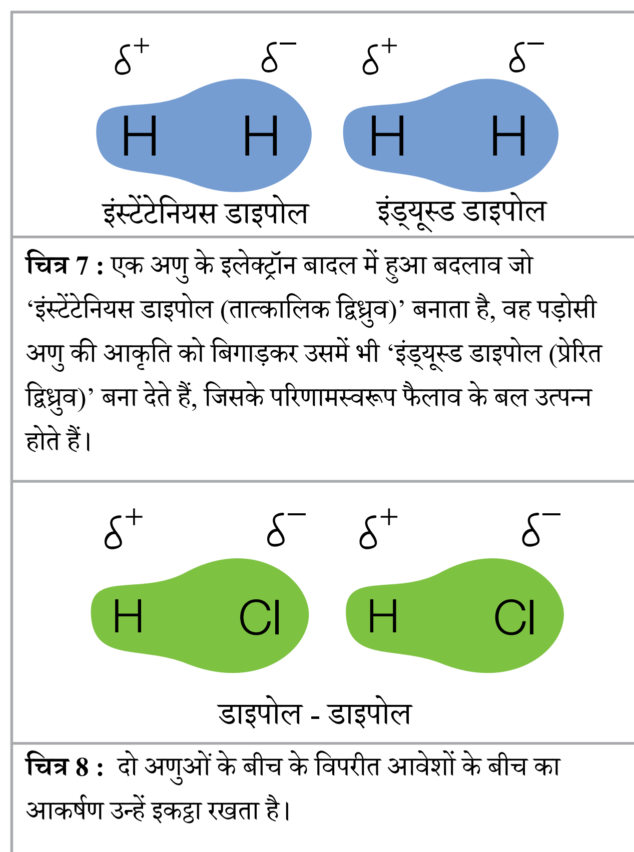
तीसरी महत्त्वपूर्ण गैर-बन्धीय अन्तर्क्रियाएँ वे होती हैं जिनमें **हाइड्रोजन बन्ध** मध्यस्थ की भूमिका निभाते हैं। हाइड्रोजन बन्ध बहुत खास तरह के बन्ध होते हैं। वे ऐसे अणुओं के द्वारा निर्मित होते हैं जिनमें हाइड्रोजन किसी विद्युतीय रूप से अत्यन्त नकारात्मक तत्व, जैसे कि फ्लोरीन, आक्सीजन, या नाइट्रोजन, से बन्ध बनाती है। ये तत्व इलेक्ट्रॉनों को हाइड्रोजन के परमाणु से दूर अपने पास खींचकर एक ध्रुवीय बन्ध बना लेते हैं। चूँकि हाइड्रोजन का परमाणु बहुत छोटा होता है, इसलिए वह नजदीक के F, O या N परमाणु के इलेक्ट्रॉनों को ध्रुवीय बना सकता है, और इस तरह एक कमजोर बन्ध (लगभग 10-40 किलोजूल प्रति मोल. ऊर्जा वाला) निर्मित कर लेता है (चित्र 9 देखें)। सहसंयोजी बन्ध की ऊर्जाएँ लगभग 450-200 किलोजूल प्रति मोल होती हैं। हालाँकि हाइड्रोजन बन्ध इससे बहुत कमजोर होते हैं, परन्तु उनमें इतनी ताकत होती है कि वे न केवल अणुओं को इकट्ठा रख सकते हैं, बल्कि उनके भौतिक-रासायनिक गुणधर्मों को भी बदल सकते हैं। उदाहरण के लिए, पानी के गुणधर्मों का कारण मुख्य रूप से एक अणु की आक्सीजन और दूसरे अणु की हाइड्रोजन के बीच बनने वाले हाइड्रोजन बन्धों को माना जाता है। इस प्रकार हाइड्रोजन बन्ध

सभी जैविक अणुओं, तंत्रों और प्रक्रियाओं में बहुत महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

ये बन्ध वाली या गैर-बन्धीय अन्तर्क्रियाएँ जिन्हें हम अपने आसपास के पदार्थों में काम करता हुआ देखते हैं, महत्त्वपूर्ण क्यों होती हैं? इसे समझने की शुरुआत हम अपने पैरों के नीचे की धरती को, मिट्टी के खनिजों की संरचना और उनके गुणधर्मों को देखने से करते हैं।

सिलिका कितने तरह से बन्ध बना सकता है?

मिट्टी का बुनियादी अवयव सिलिका, SiO_2, होता है, जो एक विशाल सहसंयोजी जाल में व्यवस्थित होता है, जिसे क्वार्ट्ज कहते हैं, और उसमें प्रत्येक सिलिकोन परमाणु चार आक्सीजन परमाणुओं से सहसंयोजी बन्ध बनाए रहता है, और प्रत्येक आक्सीजन परमाणु दो सिलिकोन परमाणुओं से बन्ध बनाए रहता है। क्वार्ट्ज मौसमों की मार से या हवा और पानी की मार से छोटे-छोटे टुकड़ों या रेत के कणों में टूट जाता है। जब ये पानी से अभिक्रिया करते हैं तो उनके परिणामस्वरूप सिलिकेट आयन, या SiO_4^{4-}, निर्मित होते हैं जो एक टेट्राहीड्रन (चतुष्फलकीय पिरामिड) जैसे दिखते हैं **(चित्र 10** देखें)। पृथ्वी के अनेक खनिज विभिन्न प्रकार के सिलिकेट होते हैं, जो अलग-अलग तरह से, जैसे कि साझा आक्सीजन परमाणुओं के माध्यम से एक सूत्र या दो सूत्र वाली शृंखलाएँ बनाकर, जुड़े रहते हैं **(चित्र 11 ए** तथा **11 बी** देखें)। इस प्रकार, उदाहरण के लिए, ऐसबेस्टस दो सूत्रीय शृंखलाओं से बना होता है और वह रेशों में उधड़ता है **(चित्र 12 ए** देखें), जबकि माइका (अभ्रक) **(चित्र 12 बी** देखें) चतुष्फलकीय पिरामिडों की चादरों का बना होता है **(चित्र 12 सी** देखें)। सिलिकेट खनिजों पर मौजूद नकारात्मक आवेश, धनात्मक आयनों, जैसे कि K^+, Mg^{2+},



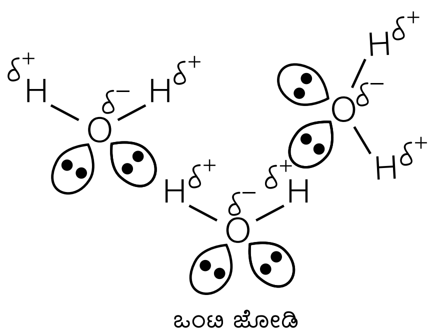
चित्र 7 : एक अणु के इलेक्ट्रॉन बादल में हुआ बदलाव जो 'इंस्टेंटेनियस डाइपोल (तात्कालिक द्विध्रुव)' बनाता है, वह पड़ोसी अणु की आकृति को बिगाड़कर उसमें भी 'इंड्यूस्ड डाइपोल (प्रेरित द्विध्रुव)' बना देते हैं, जिसके परिणामस्वरूप फैलाव के बल उत्पन्न होते हैं।

चित्र 8 : दो अणुओं के बीच के विपरीत आवेशों के बीच का आकर्षण उन्हें इकट्ठा रखता है।

Ca^{2+} तथा Al^{3+}, के द्वारा सन्तुलित किए जाकर आयनिक अन्तर्क्रियाओं द्वारा इकट्ठे रखे जाते हैं। जब मौसम की मार जारी रहती है, तब रेत की परतों में कुछ सिलिकोनों की जगह Al^{3+} आयन ले लेते हैं, और वह रेत मिट्टी (मिट्टी) में बदल जाती है। मिट्टी के खनिज दो प्रकार की चादरों से बनी परतों के होते हैं - टेट्राहीड्रल चादरें जो मुख्य रूप से सिलिकेट टेट्राहीड्रल की बनी होती हैं और ऑक्टाहीड्रल (अष्टफलकीय पिरामिड) चादरें जो मुख्य रूप से 6 OH^- आयनों से घिरे Al^{3+} आयनों से निर्मित

बॉक्स 1 : कणों (परमाणुओं तथा अणुओं) के बीच में होने वाली सबसे कमजोर अन्तर्क्रियाओं को फैलाव के बल (dispersion forces) कहा जाता है और उन पर काबू पाने के लिए बहुत थोड़े बल की जरूरत होती है। लेकिन वे सभी पदार्थों के बीच में मौजूद रहते हैं, और उनमें से ढेरों ऐसे होते हैं जो चकित करने वाले काम करते हैं!

घरेलू छिपकली (gecko) आमतौर पर छत पर बिना गिरे उल्टी पेट के बल चिपकी रह सकती है, और उस पर दौड़ भी सकती है। ऐसा लगता है कि जैसे वह बहुत देर तक गुरुत्वाकर्षण के बल पर काबू रख सकती है, पर जब उसे किसी कीड़े को पकड़ने के लिए दौड़ने की जरूरत हो तो वह अपने को चिपकी स्थिति से छुड़ा भी सकती है। ईसा पूर्व चौथी शताब्दी के वैज्ञानिकों ने, जिनमें ऐरिस्टोटल भी शामिल थे, दीर्घ काल से इस पर विचार किया है कि गैको यह चमत्कार कैसे कर लेती है। उन्होंने यह पता लगाया कि गैको के पाँवों पर विशेष गद्दियाँ (पैड) होती हैं जो बहुत से (लगभग 500,000 प्रति पैर) कड़े बालों से बनी होती हैं। इन बालों के सिरे 100-1000 छोटे कड़े बालों में बँटे रहते हैं जिन्हें स्पेचुला कहते हैं, वे ही दीवारों जैसी सतहों से सम्पर्क बनाती हैं। इन अनगिनत सम्पर्क बिन्दुओं के माध्यम से, और उनके बीच के गैर-बन्धीय आकर्षण बल के कारण ही, गैको किसी ऊर्जा या मांसल शक्ति का उपयोग किए बिना, गुरुत्वाकर्षण बल पर पार पाने में समर्थ होती है। इसका अध्ययन करने वाले वैज्ञानिकों ने पाया है, एक मरी हुई गैको भी छत से चिपकी रह सकती है।



चित्र 9 : हाइड्रोजन के परमाणु का धनात्मक आवेश आक्सीजन के एक जोड़े के इलेक्ट्रॉन बादल को आकर्षित करता है, और इस तरह हाइड्रोजन बन्ध निर्मित करता है।

होती हैं (**चित्र 13** देखें)।

अलग-अलग तरह की मिट्टी में ये परतें अलग-अलग तरह से व्यवस्थित रहती हैं। केओलाइनाइट जो बर्तन बनाने के काम आने वाली मिट्टी होती है (**चित्र 14 ए** देखें), में 1:1 की संरचना होती है, अर्थात एक टेट्राहीड्रल चादर एक ऑक्टाहीड्रल चादर से बँधी रहती है। ये चादरें ऑक्टाहीड्रल चादर के OH तथा टेट्राहीड्रल चादर के O के बीच बनने वाले हाइड्रोजन बन्धों के द्वारा एक-दूसरे को कसकर पकड़े रहती हैं (**चित्र 14 बी** देखें)। ये बन्ध पानी तथा कैटायनों को चादरों के बीच में प्रवेश करने से रोक देते हैं और मिट्टी को बहुत फैलने नहीं देते। पानी की वह थोड़ी-सी मात्रा जो मिट्टी में प्रवेश कर पाती है और उसके क्रिस्टलों के बीच में ठहर जाती है, वही इसे ऐसे विभिन्न आकारों में ढाले जाने की सुविधा देती है जो टिकते हैं (**चित्र 14 सी** देखें)।

बर्तनों में ढली हुई मिट्टी को जब भट्टी में तपाया जाता है, तो यह पानी समाप्त हो जाता है, लेकिन अब परतें सहसंयोजी बन्धों द्वारा आपस में बँधी रहती हैं। ये बन्ध इतने पर्याप्त मजबूत होते हैं कि मिट्टी को फिर पुरानी बगैर आकृति वाले रूप में नहीं जाने जाते, इसलिए ढाली गई मिट्टी अपनी आकृति को स्थाई रूप से बनाए रखती है (**चित्र 15** देखें)।

दूसरी कई मिट्टी 2:1 की मिट्टी होती हैं, जहाँ दो टेट्राहीड्रल चादरों के बीच में एक ऑक्टाहीड्रल परत दबी रहती है। इन मिट्टी में टेट्राहीड्रल परतें आपस में बँध नहीं सकतीं, लेकिन उनकी सतह पर नकारात्मक आवेश होने के कारण, वे पानी के अणुओं और कैटायनों को उनके बीच में संचार करने देती हैं, जो इस मिट्टी को फैलने देता है। ये मिट्टी पौधों के लिए भण्डार गृहों के समान होती हैं क्योंकि वे पौधों की जड़ों को पानी और खनिज प्रदान करती हैं (**चित्र 16** देखें)।

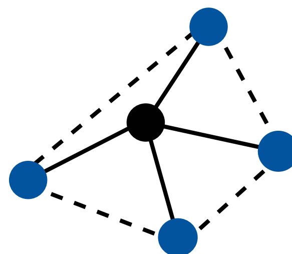
बॉक्स 2 : हाइड्रोजन बन्ध

हममें से बहुत से लोगों को सिलवटों वाले सूती कपड़ों पर इस्त्री करने में कठिनाई हुई है। सूती कपड़ा ग्लूकोज के एक पोलीमर सैल्यूलोज से बना होता है और वह अपने धागों के बीच में हाइड्रोजन बन्ध बनाकर उन्हें इकट्ठा रखता है। जब सूती कपड़ा सूखा होता है तो किसी सिलवट को इस्त्री करके निकालना बहुत कठिन होता है, लेकिन जब कपड़े पर पानी छिड़का जाता है, तो सिलवट के भीतर के हाइड्रोजन बन्ध टूट जाते हैं, और उसके बजाय दोबारा फिर पानी के साथ बन जाते हैं। इस्त्री करके पानी को भाप बनाकर उड़ा दिया जाता है और सिलवट निकल जाती है। यह बहुत कुछ उसके समान है जैसे आप अपने बालों को गीला करने के बाद सीधे या घुँघराले बना सकते हैं, परन्तु एक नमी वाले दिन या फिर से गीला होने पर बालों की शैली पहले जैसी हो जाएगी।

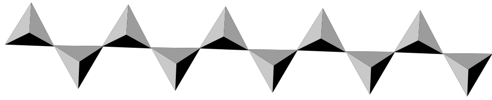
जीवन के अणु

इन विविध प्रकार की अन्तर्क्रियाओं की भूमिकाओं को प्रोटीनों की संरचनाओं से बेहतर और कोई चीज प्रदर्शित नहीं करती। प्रोटीन पोलीमर या लम्बी शृंखलाओं वाले अणु होते हैं, जो बहुत से छोटे अणुओं से बने होते हैं जिन्हें अमीनो ऐसिड कहते हैं और जो सहसंयोजी बन्धों द्वारा इकट्ठे रखे जाते हैं। ऐसे 21 अमीनो ऐसिड होते हैं जो विभिन्न प्रकार से संयोजित होकर ऐसे प्रोटीनों को निर्मित करते हैं जिनके अलग-अलग गुणधर्म और कार्य होते हैं।

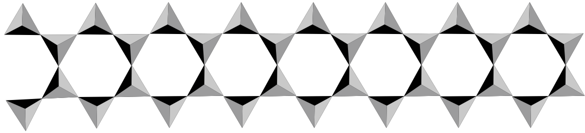
इस विविधता को मानव शरीर के सिर्फ दो प्रोटीन के उदाहरणों को लेकर देखा जा सकता है। एक, जिसे एमीलास कहते हैं, ऐसा प्रोटीन होता है जो पानी में घुलनशील है और स्टार्च के पाचन को उत्प्रेरित करता है, जबकि दूसरा, जिसे कैराटिन कहते हैं, कड़क, निष्क्रिय, पानी में न घुलने वाला होता है, और हमारे सिर के बाल निर्मित करता है।



चित्र 10 : सिलिकोन टेट्राहीड्रन



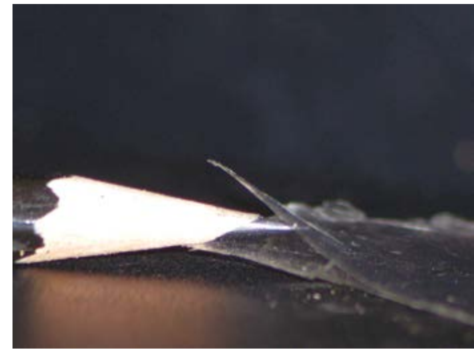
चित्र 11 ए : एक सूत्र वाला सिलिकेट



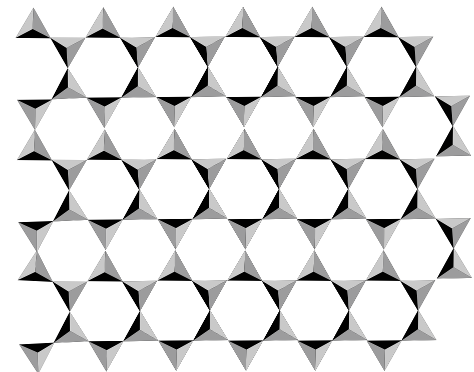
चित्र 11 बी : दो सूत्रीय सिलिकेट



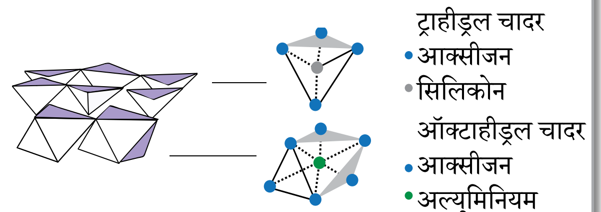
चित्र 12 ए : ऐसबेस्टस, दो सूत्रीय सिलिकेट शृंखलाओं से बने रेशे। स्रोत - निखिल फर्नांडेस।



चित्र 12 बी : माइका, सिलिका टेट्राहीड्रा की चादरों से बना हुआ। स्रोत - निखिल फर्नांडेस।



चित्र 12 सी : सिलिकेट की चादर



चित्र 13 : टेट्राहीड्रल तथा ऑक्टाहीड्रल चादरों की परतें जो साझा आक्सीजन परमाणुओं के द्वारा इकट्ठी रखी जाती हैं।

प्रोटीनों की जटिल संरचनाएँ होती हैं जो तीन (या चार) परतों को जोड़कर निर्मित होती हैं। पहली परत, जो प्रोटीन की प्राथमिक संरचना कहलाती है, उसके अमीनो अम्लों की शृंखला होती है जो सहसंयोजी बन्धों द्वारा इकट्ठे रखे जाते हैं। यह रैखिक शृंखला कुण्डली जैसी बनकर सर्पिल आकृति या चादर जैसी आकृति बना लेती है, जो आपस में हाइड्रोजन बन्धों के द्वारा इकट्ठी रखी जाती हैं (**चित्र 17** देखें)। यह इसकी द्वितीयक संरचना कहलाती है। इसकी तृतीयक संरचना में, प्रोटीन के अणु, गैर-बन्धीय अन्तर्क्रियाओं, आयनिक अन्तर्क्रियाओं, तथा डाइसल्फाइड सेतु कहलाने वाले एक बहुत-ही खास तरह के सहसंयोजी बन्ध का उपयोग करते हुए, तहें बनाकर विभिन्न आकार ग्रहण कर लेते हैं (**चित्र 18** देखें)। जैसे कि दूध पर विचार करें। दूध में निहित प्रोटीन घुली हुई अवस्था में रहते हैं और उसके रखे रहने पर भी नीचे नहीं बैठते। पनीर बनाने के लिए दूध को फाड़ने की क्रिया उसके प्रोटीनों की तृतीयक और द्वितीयक शृंखलाओं को तोड़ देती है जिससे वे अवक्षेप बनकर अलग हो जाते हैं। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि दूध में नींबू का रस या सिरका डालने से प्रोटीनों के भीतर की आयनिक अन्तर्क्रियाओं और हाइड्रोजन बन्धों में बाधा पड़ती है, और वे फिर दूध में निहित पानी के साथ उस तरह से अन्तर्क्रिया नहीं कर सकते जैसे कि वे मूल रूप से कर रहे थे। जब हम पनीर खाते हैं, तो हमारे गैस्ट्रो-इंटेस्टाइनल (जठरांत्रिय) मार्ग के पाचक ऐंजाइम उन सहसंयोजी बन्धों को तोड़ देते हैं जो अमीनो अम्लों की प्राथमिक संरचना को संघटित बनाए रखते हैं।

तहें बनने की ये बारीकियाँ ही ऐमीलास को एक घना अणु बनाती हैं जो कि घोलों (जैसे कि हमारी लार) में निहित रह सकता है, जबकि वह ऐसे क्षेत्र को उघाड़ देता है जिनमें

इसके सबस्ट्रेट (निचले तल) के स्टार्च अणु रहते हैं। यदि हम ऐमीलास को गर्म करके या उसके वातावरण के pH (अम्लांक मान) को बदलकर उसकी द्वितीयक संरचना को परिवर्तित करते हैं, तो ऐमीलास फिर अभिक्रिया को उत्प्रेरित नहीं करेगा।

इसके विपरीत, कैराटिन की तृतीयक संरचना, द्वितीयक संरचनाओं की एक-दूसरे के चारों ओर लिपटी हुई हीलिक्सों से बनी होती है जिन्हें डाइसल्फाइड सेतुओं द्वारा संघटित रखा जाता है। कैराटिन में इन डाइसल्फाइड सेतुओं की संख्या एक व्यक्ति से दूसरे व्यक्ति में बदलती रहती है, और आमतौर पर उनकी संख्या जितनी ज्यादा होती है, उतने ही उस व्यक्ति के बाल ज्यादा घुँघराले होते हैं! अपने बालों को गीला करके फिर उन्हें जैसा आप चाहते हैं उस शैली में काढ़कर, आप अस्थाई रूप से घुँघराले बालों को सीधा कर सकते हैं या सीधे बालों को घुँघराले बना सकते हैं। जब तक आपके बाल सूखेंगे तब तक कैराटिन के भीतर नए हाइड्रोजन बन्ध बन जाते हैं, जो बने रहते हैं (और इस तरह आपकी नई केशशैली को बनाए रखते हैं), जब तक कि आपके बाल फिर से गीले नहीं किए जाते, या हवा में नमी नहीं होती। ज्यादा स्थाई 'पर्म (घुँघराली केशशैली)' पाने के लिए, सल्फर यौगिकों का उपयोग करके, बालों के भीतर



चित्र 14 ए : केओलाइनाइट मिट्टी को वैजिंग की प्रक्रिया के द्वारा अधिक लोचदार बनाया जा सकता है, इस प्रक्रिया में इसे एक कसी हुई कुण्डली जैसा लपेटा जाता है जो एक तरह के माड़ने जैसा तरीका होता है, उससे उसके बीच के हवा के बुलबुले निकल जाते हैं। स्रोत : ललिता मंजुनाथ

आक्साइड आयन यहाँ
टेट्राहीड्रल चादर
ऑक्टाहीड्रल चादर
हाइड्रोआक्साइड आयन यहाँ
टेट्राहीड्रल चादर
टेट्राहीड्रल चादर
टेट्राहीड्रल चादर
टेट्राहीड्रल चादर
टेट्राहीड्रल चादर
टेट्राहीड्रल चादर

केओलाइनाइट की संरचना में एक परत

ऑक्टाहीड्रल तथा टेट्राहीड्रल चादरें आक्सीजन की साझेदारी से आपस में बँधी रहती हैं।

चित्र 14 बी : केओलाइनाइट की संरचना इसकी कसकर बँधी हुई परतों को दर्शाती है जो इसे प्रतिरूपों में निर्मित करने में सक्षम बनाने वाले इसके विशेष गुण देती हैं।



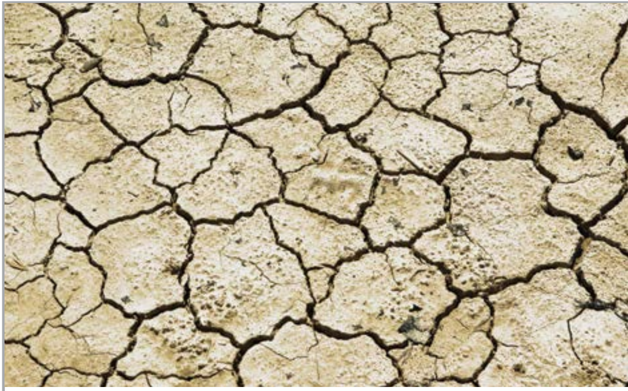
चित्र 14 सी : पानी की वह थोड़ी-सी मात्रा जो मिट्टी में प्रवेश कर जाती है, वही उसे बर्तनों में ढाले जाने की सुविधा देती है। स्रोत : ललिता मंजुनाथ।

टेट्राहीड्रल चादर
ऑक्टाहीड्रल चादर
टेट्राहीड्रल चादर
टेट्राहीड्रल चादर
ऑक्टाहीड्रल चादर
टेट्राहीड्रल चादर

फैलने वाली मिट्टी की संरचना

परतों के बीच की जगह में सोख लिया गया पानी तथा कैटायन होते हैं

चित्र 15 : फैलने वाली मिट्टी की संरचना : परतों के बीच में हाइड्रोजन बन्धों का अभाव पानी तथा आयनों को प्रवेश करने देता है।



चित्र 16 : वे मिट्टियाँ जिनमें फैलने वाली 2:1 मिट्टी होती हैं, सूखने पर सिकुड़ती और फटती हैं।

Source: jackmac34, Pixabay. License: Public Domain. URL: https://pixabay.com/en/drought-earth-desert-aridity-711651/

के डाइसल्फाइड सेतुओं को तोड़ा जाना और फिर से चाही गई शैली में निर्मित किया जाना जरूरी होता है। हालाँकि यह पर्म स्थाई रूप से टिकता है, परन्तु जब आपके बाल बढ़ते हैं तो वे फिर अपने स्वाभाविक मूल रूप में ही उगते हैं।

डिजाइनर अणु

जैसे कि प्राकृतिक संसार में पाए जाने वाले प्रोटीनों की विविधता और संख्या दिमाग को चकराने के लिए काफी नहीं थी, अब हम ऐसे अनेक कृत्रिम पोलीमरों को संश्लेषित करके बनाने में समर्थ हो गए हैं जिनमें ठीक वे ही गुणधर्म होते हैं जो हम चाहते हैं।

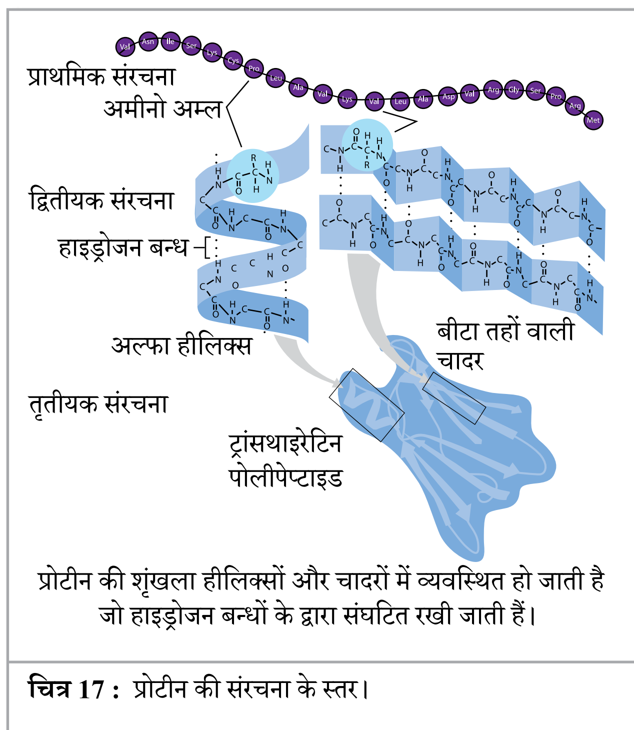
सबसे पहले बने प्लास्टिक संयोग से निर्मित हुए थे। हम सभी पोलीथीन, पीवीसी, टैफ्लॉन तथा पोलीस्टाइरीन (जिसे आम बोलचाल में थर्मोकोल के नाम से जाना जाता है) से परिचित हैं। जहाँ इन सबके अलग-अलग गुणधर्म और उपयोग होते हैं, इनकी बुनियादी संरचना एक-सी होती है, सिर्फ इनकी साइड-चेंस (शाखा शृंखलाएँ) भिन्न होती हैं (**तालिका 1** देखें)। पोली-ईथीन तथा पोली-प्रोपीन में, आकर्षण के मुख्य बल लम्बी शृंखलाओं के बीच की गैर-बन्धीय अन्तर्क्रियाएँ होती हैं। इसलिए ये प्लास्टिक नरम होते हैं, गर्मी से और नरम पड़ जाते हैं, और मुख्य रूप से प्लास्टिक के थैलों के लिए इस्तेमाल किए जाते हैं। इसकी ढीले-ढाले ढंग से जमी हुई शाखाओं वाली शृंखलाओं के चलते, कम घनत्व के पोलीथीन (लो-डैंसिटी पोली ईथीन -एलडीपीई) के विपरीत, संश्लेषित उच्च-घनत्व वाले पोलीथीन (हाई-डैंसिटी पोली ईथीन - एचडीपीई) में ज्यादा गसी हुई शाखा शृंखलाएँ होती हैं, जिनके कारण इनके गलनांक ज्यादा ऊँचे होते हैं और ये ज्यादा मजबूत होते हैं। पीवीसी, या पोलीविनाइल क्लोराइड, की शाखा शृंखलाएँ ताकतवर ध्रुवीय बन्धों के द्वारा संघटित रखी जाती हैं जिसके कारण पीवीसी अधिक कठोर होता है। इसी प्रकार, टैफ्लॉन (पोली-टैट्रा-फ्लूरोईथीन) में उसके शक्तिशाली सहसंयोजी बन्ध उसे काफी निष्क्रिय बना देते हैं। चूँकि फ्लोरीन अपने इलेक्ट्रॉनों को बहुत कसकर पकड़े रहती है, इसलिए टैफ्लॉन में बिखराव के बल बहुत कमजोर होते हैं, जिसके कारण इसमें खाना बनाने के बर्तनों पर न-चिपकने वाली परत (नॉन स्टिक कोटिंग) की तरह काम करने की क्षमता आ जाती है।

गतिविधि- रसोईघर में हाइड्रोजन बन्ध तथा डाइसल्फाइड सेतु

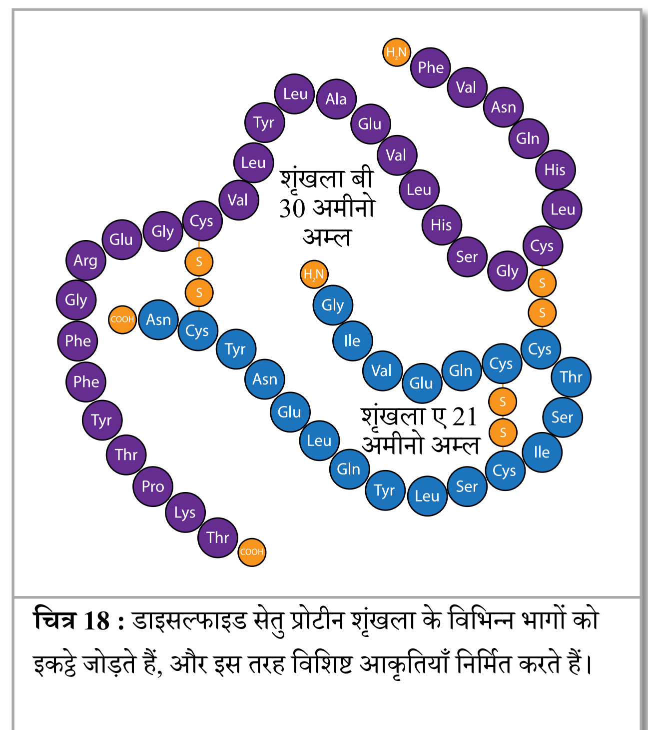
हम जब नमी युक्त सूखे वस्त्रों में सिलवटों को इस्त्री करके निकालते हैं तो हम हाइड्रोजन बन्धों को बनते और टूटते हुए 'देखते' हैं। लेकिन इस पर गौर करने की दूसरी जगह चपातियों के लिए 'आटा' गूँथने की है। एकबारगी जब मुझे समझ में आया कि ऐसा हो रहा है, तब से मैं हर बार इस पर दिलचस्पी से गौर करती हूँ।

एक बर्तन में सूखा आटा लीजिए और उसमें अपनी उंगलियाँ डालकर उसके तापमान को महसूस कीजिए। फिर उसमें अपनी उंगलियों पर से होते हुए पानी डालिए। अब जब आप आटे और पानी को आपस में मिलाते हैं, तो उनका मिश्रण पहले से थोड़ा गरम महसूस होगा। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि स्टार्च में मौजूद -OH समूहों के साथ जब पानी हाइड्रोजन बन्ध बनाता है तो ऊर्जा उत्पन्न हो रही होती है।

इस मिश्रण का एक टुकड़ा लीजिए और उसे पानी की धार के नीचे रखिए। वह बहकर धुल जाएगा। आटे को गूँथते रहिए और फिर उसकी लोई लोचदार हो जाएगी। दो प्रकार के प्रोटीन - ग्लियाडिन्स तथा ग्लूटेनिन्स - संयोजित होकर ग्लूटेन बनाते हैं। यह एक पानी में न घुलने वाला पदार्थ होता है जो डाइसल्फाइड सेतुओं के द्वारा संघटित रखा जाता है, ये सेतु मुख्य रूप से गूँथने की क्रिया के द्वारा और उसमें हवा को समाहित करने के कारण निर्मित होते हैं। अब यदि आप इस लोई का एक पिण्ड लेकर उसे पानी की धार के नीचे रखेंगे तो स्टार्च धुलकर बह जाएगा और ग्लूटेन की लचीली डली पीछे बची रह जाएगी।



चित्र 17 : प्रोटीन की संरचना के स्तर।



चित्र 18 : डाइसल्फाइड सेतु प्रोटीन शृंखला के विभिन्न भागों को इकट्ठे जोड़ते हैं, और इस तरह विशिष्ट आकृतियाँ निर्मित करते हैं।

कोई किसी पोलीमर के गुणधर्म कैसे बदल सकता है? मोटे तौर पर, इसे करने के तीन तरीके होते हैं :

- उसकी शाखा शृंखलाओं को परिवर्तित करके – ध्रुवीय शाखा शृंखलाएँ अधिक होने से ज्यादा अन्तर्सक्रियता आ जाती है।
- शृंखला की लम्बाई बदलकर - ज्यादा लम्बी शृंखलाओं के अर्न्तआणविक बल ज्यादा ताकतवर होते हैं।
- शाखा समूहों का घुमाव (ओरिएंटेशन) बदलकर - यह शृंखलाओं को बेहतर ढंग से गसी हुई होने में मदद करता है।

पोलीथीन के जैसी ही संरचना वाला एक अन्य पोलीमर पोलीईथेनॉल होता है। पोलीईथेनॉल की शाखा शृंखलाओं में अनेक हाइड्रॉक्सिल (-OH) समूह होते हैं। जब पोलीमर का 99-100%, -OH समूहों का बना होता है, तो वह अघुलनशील हो जाता है, और उसकी शाखा शृंखलाओं के बीच में हाइड्रोजन बन्ध निर्मित हो जाते हैं। जब -OH समूहों का प्रतिशत कम हो जाता है तो वह पोलीमर पानी में घुलनशील हो जाता है, क्योंकि शाखा शृंखलाओं के बीच की खाली जगहों में पानी के अणुओं को प्रवेश करने और पोलीमर से अभिक्रिया करने की सुविधा मिल जाती है। इस गुण का उपयोग करते हुए, पोलीईथेनॉल का इस्तेमाल अस्पतालों के गन्दे कपड़ों के लिए लाण्ड्री बैग (धोने के कपड़ों को रखने वाले थैले) बनाने के लिए

उन अनेक अन्तर्क्रियाओं, जो प्रोटीन की संरचना को संघटित रखती हैं, में से एक डाइसल्फाइड सेतु होता है। सिस्टीन नामक अमीनो अम्ल में -SH समूह होता है। दो -SH समूह आपस में जुड़ सकते हैं और आक्सीकरण की प्रक्रिया के द्वारा –S-S- समूह, अर्थात डाइसल्फाइड सेतु बना सकते हैं। यह प्रोटीन के रेशों के विभिन्न हिस्सों को संघटित करता है, और इस तरह उस प्रोटीन को एक विशिष्ट आकार देता है। बालों में बहुत सिस्टीन होता है - उस प्रोटीन का एक रेशा जितने डाइसल्फाइड सेतु बनाता है उनकी संख्या यह निर्धारित करती है कि आपके बाल घुँघराले, लहरदार या सीधे होंगे। हालाँकि आप अपनी केशशैली को गीले बालों पर रोलर लगाकर अस्थाई रूप से बदल सकते हैं, पर ज्यादा स्थाई बदलाव के लिए मौजूदा डाइसल्फाइड सेतुओं में परिवर्तन करने की जरूरत होगी। यह करने के लिए, अमोनियम थियोग्लाईकोलेट नामक अभिकारक, जिसमें एक –SH समूह होता है, को बालों पर लगाया जाता है ताकि उनके मौजूदा डाइसल्फाइड सेतुओं को तोड़ा जा सके। इससे आपको अपने बालों को आपकी मनचाही शैली में जमाने की सुविधा मिल जाती है। एकबारगी जब आक्सीकरण के कारण नए सेतु बन जाते हैं, तो अभिकारक को धोकर निकाल दिया जाता है। आपके बाल अब वैसे हो जाते हैं जैसे आप चाहते हैं। हाँ, यह जरूर है, कि जब नए बाल उगते हैं, तो वे वैसे ही होंगे जैसे कि आपकी नई केशशैली अपनाने के पहले थे, क्योंकि आप अपनी आनुवांशिक इकाइयों (जींस) को नहीं बदल सकते।

पोलीमर	आम नाम	संरचना	शृंखलाओं के बीच के बल	गुणधर्म	उपयोग
कम घनत्व की पोलीथीन	पोलीथीन एलडीपीई	शाखा वाली n	फैलाव के बल	निष्क्रिय, गरमी पाकर नरम पड़ता है, ढाला नहीं जा सकता	प्लास्टिक थैले, लपेटने के काम
पोलीथीन एचडीपीई	पोलीथीन एचडीपीई	बगैर शाखा वाली n	फैलाव के बल, शृंखलाएँ अधिक गसी हुईं	एलडीपीई की तुलना में अधिक ऊँचे तापमानों पर नरम पड़ता है, निष्क्रिय	बोतलें, पाइप, प्रयोगशाला के बीकर आदि
पोलीप्रोपीन	पोलीप्रोपाईलीन	n	फैलाव के बल	ज्यादा ऊँचे तापमानों पर नरम पड़ता है क्योंकि बल ज्यादा बड़े होते हैं, निष्क्रिय	फर्नीचर, पाइप, प्रयोगशाला के उपकरण जिन्हें कीटाणुरहित (स्टरलाइज) किया जा सके, ढक्कनों की कड़ियाँ
पोलीस्टाईरीन कठोर तथा फोम	थर्मोकोल, स्टाईरोफोम	n	फैलाव के बल	कड़क तथा मजबूत, इसे हल्के फोम में निर्मित किया जा सकता है	पैकिंग की सामग्री, इंसुलेशन (विद्युत प्रतिरोधी), प्रयोगशाला के उपकरण
पोलीक्लोरोईथीन	पोली विनाइल क्लोराइड, पीवीसी	Cl n	द्विध्रुव-प्रेरित द्विध्रुव	कठोर तथा मजबूत	पाइप तथा तारों के ऊपर चढ़ाई जाने वाली परत
पोलीटेट्राफ्लू-रोईथीन पीटीएफई	टेफ्लॉन	F F F F n	शृंखलाओं के बीच में द्विध्रुव-द्विध्रुव	निष्क्रिय, उच्च गलनांक, न चिपकने वाला क्योंकि फ्लोरीन इलेक्ट्रॉनों को कसकर पकड़े रहती है इसलिए वह अन्य अणुओं से क्रिया नहीं कर सकता*	बर्तनों पर चढ़ाई जाने वाली परत (कोटिंग), वाल्व, लुब्रिकेंट (स्नेहक)

पोलीमर	आम नाम	संरचना	शृंखलाओं के बीच के बल	गुणधर्म	उपयोग
पोलीईथेनॉल	पीवीओएच		हाइड्रोजन बन्ध	-OH समूहों के % पर निर्भर करते हैं : > 99% हो तो पानी में अघुलनशील, 99-90% गरम पानी में घुलनशील, < 90% ठण्डे पानी में घुलनशील	अस्पतालों के गन्दे कपड़े इकट्ठे करने के थैले, शल्यचिकित्सा के टाँके
पोलीएमाइड्स	नाइलॉन		हाइड्रोजन बन्ध	मजबूत, उच्च तापमान पर पिघलने वाला, क्षरण प्रतिरोधी, इसे ढाला जा सकता है	कपड़े, रस्सियाँ, मशीनों के पुर्जे
पोलीईथीलीनटे-रेफ्थेलेट पोलीए-स्टर्स	टैरीलीन, पीईटी		हाइड्रोजन बन्ध	मजबूत, उच्च तापमान पर पिघलने वाला	कपड़े, फिल्म (माईलार), बोतलें

तालिका 1 : पोलीमर ऐसे लम्बी शृंखलाओं वाले अणु होते हैं जिनमें भिन्न-भिन्न शाखा समूह होते हैं। आकार तथा संरचना बदलने के साथ-साथ शृंखलाओं के बीच की अन्तर्क्रियाएँ बढ़ती जाती हैं, जिससे गुणधर्म भी बदलते हैं। *चूँकि फ्लोरीन अपने इलेक्ट्रॉनों को बहुत कसकर पकड़े रहती है, इसलिए द्विध्रुव आसानी से प्रेरित नहीं होते, इस कारण फैलाव के बल कमजोर होते हैं। एक गैको भी टैफ्लॉन पर नहीं चिपक सकती।

किया जाता है। जब संक्रमित कपड़ों को इन थैलों में रखकर वाशिंग मशीनों में डाला जाता है, तो ये थैले घुल जाते हैं और साफ कपड़े निकल आते हैं।

रसायनशास्त्रियों ने रेशम, ऊन तथा रबर जैसे प्राकृतिक पोलीमरों की नकलें निर्मित करने का प्रयास किया है। रेशम तथा ऊन प्रोटीनों के बने होते हैं, और नाइलॉन तथा पोलीएस्टर उनके समतुल्य संश्लेषित रूप होते हैं। इन संश्लेषित पोलीमरों के रेशे भी बनाए जा सकते हैं और फिर उन्हें कपड़ों के रूप में बुना जा सकता है। ये गुण आंशिक रूप से अणु की रासायनिक प्रकृति के कारण होते हैं और आंशिक रूप से उस विधि के कारण जिस तरह इन पोलीमरों को संसाधित किया जाता है।

इसी प्रकार, रसायनवैज्ञानिकों ने अणुओं के साथ विभिन्न प्रयोग करते हुए कैवलार (मजबूत तथा वजन में हलका), पीएचए (अग्नि प्रतिरोधी) तथा पोलीकार्बोनेट्स (काँच की जगह ले सकने वाला) भी विकसित किए हैं।

निष्कर्ष

हम एक ऐसे युग में रहते हैं जब आणविक अन्तर्क्रियाओं के हमारे ज्ञान का उपयोग करके हम इच्छानुसार नए पदार्थ निर्मित कर सकते हैं। उदाहरण के लिए, इस क्षेत्र में हाल के प्रयासों का लक्ष्य जैविक रूप से और प्रकाश के द्वारा विघटित हो सकने वाले संश्लेषित पोलीमरों को निर्मित करना है।



References

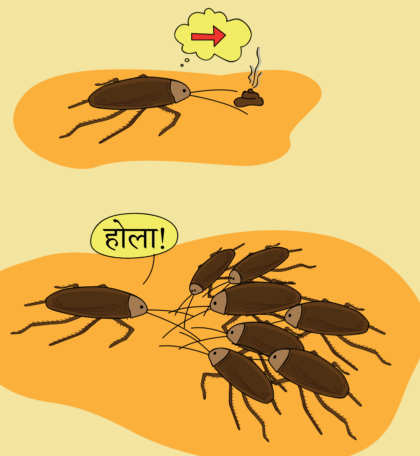
1. The Gecko's Foot. Peter Forbes, Fourth Estate (London) 2005.
2. How geckos can beat non-stick. Chemistry World Blog. URL: http://prospect.rsc.org/blogs/cw/2013/04/02/how-geckos-can-beat-non-stick/
3. Chemical Storylines Salters Advanced Chemistry Heinemann 2000.

यासमीन जयतीर्थ वर्तमान में बेंगलूरु के सेंटर फॉर लर्निंग में पढ़ाती हैं। उन्होंने आई.आई.टी. बाम्बे से एम.एससी की उपाधि और इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ साइंस, बेंगलूरु से रसायनशास्त्र में पीएच.डी. की उपाधि हासिल की है। उन्होंने अपना पोस्ट-डाक्टरल कार्य यूनिवर्सिटी ऑफ लुईविल तथा इण्डियन इंस्टीट्यूट ऑफ साइंस, बेंगलूरु में किया। **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी

मल कीटों के सामाजीकरण में सहायक होता है

विग्नेश नारायण

अब से 2300 वर्ष पहले हुए दार्शनिक अरस्तू ने कहा था कि “मनुष्य एक सामाजिक प्राणी है”। पर जो बात वे नहीं जानते थे और जिसे आज वैज्ञानिकों ने खोज निकाला है, वह यह है कि कीट भी सामाजिक प्राणी होते हैं। यही कारण है कि यदि आपको अपने घर में एक काकरोच मिलता है, तो इस बात की बहुत सम्भावना होती है कि सौ और काकरोच कहीं आपकी नजरों से छिपे हुए होंगे। पर जो बात कीट विशेषज्ञों (entomologists) के लिए पहेली बनी हुई है, वह यह है कि ये कीट किस तरह से एक-दूसरे के साथ संवाद करते हैं।



काकरोच जीववैज्ञानिकों (जी हाँ, कुछ ऐसे विशेषज्ञ भी होते हैं) ने इसका उत्तर खोज निकाला है। वे कहते हैं कि काकरोच मल के प्रति आकर्षित होते हैं। ऐसा प्रतीत होता है कि, काकरोचों की झुण्ड बनाकर इकट्ठे होने की प्रवृत्ति का कारण यह है कि मल में मौजूद कीटाणु (बैक्टीरिया) जिन उड़नशील वसा अम्लों (volatile fatty acids) का उत्पादन करते हैं उनके प्रति काकरोच आकर्षित होते हैं। जब काकरोचों को कीटाणु रहित (जर्म फ्री) पिंजरों में सेकर पैदा किया गया और पाला गया तो वे बड़े एकाकी जीव साबित हुए, जो आपस में अपने एंटेना रगड़ने के लिए भी बिरले ही रुकते थे। परन्तु जब उनके पिंजरों में कीटाणुओं को प्रवेश कराया गया तो ये सामाजिक रूप से अटपटे काकरोच फिर से मिलनसार और समूह में इकट्ठे होने वाले बन गए।

वास्तव में, अन्य कीट भी ऐसे कीटाणुओं का इस्तेमाल करने के द्वारा परस्पर संवाद करते हैं जो कुछ प्रकार की गन्धों और रसायनों का उत्सर्जन करते हैं। टिड्डियाँ (Locusts) एक खास तरह के जीवाणु (microbe) की मेजबान बनती हैं जो उन्हें इकट्ठे होने और झुण्ड बनाने में मदद करता है। लकड़बग्घा (hyena) जैसे कुछ जानवरों के पास भी उनकी गन्ध ग्रन्थियों (scent glands) में कीटाणु होते हैं जो उन्हें सम्बन्धियों और गैर-सम्बन्धियों में फर्क करने देते हैं।

इसलिए अगली बार जब आप भीड़ भरे कमरे में किसी को खोज रहे हों, तो अपनी आँखों को बन्द कर लीजिए और जोर से हवा को सूँघिए!



विग्नेश नारायण इण्डियन इंस्टीट्यूट आफ साइंस, बेंगलूरु में आणविक जीवविज्ञान के पीएच.डी. विद्यार्थी हैं। उनमें शोधकार्य तथा लोकप्रिय विज्ञान लेखन के प्रति बहुत लगाव है। उनकी विशेषज्ञता का क्षेत्र जीवविज्ञान है, और विशेष रूप से उनका जोर रोगों के आणविक जीवविज्ञान तथा सूक्ष्मजीवविज्ञान पर है। आप उनसे vigneshnarayan313@gmail.com पर सम्पर्क कर सकते हैं। **अनुवाद :** सत्येन्द्र त्रिपाठी

तंत्रिका तंत्र का निर्माण कैसे होता है

सोनिया सेन

जानवर सबसे जरूरी कामों के लिए निरन्तर अपने परिवेश के साथ अन्तर्क्रिया करते रहते हैं, जैसे भोजन की तलाश करना, शिकारी जानवरों से बचना या किसी सम्भावित सहवासी से प्रणय की कोशिश करना। इन अन्तर्क्रियाओं में हमारे तंत्रिका तंत्र की क्या भूमिका होती है? हम शरीर के इस महत्त्वपूर्ण अंग के बारे में क्या जानते हैं और यह कैसे निर्मित होता है?

जानवरों की कुछ सर्वाधिक रोचक बातों में से एक है कौतुहल पैदा करने वाला उनका व्यवहार। चींटियों का एक के पीछे एक कतार में चलते जाना, किंगफिशर पक्षियों का पानी में डुबकी मारकर मछली पकड़ना, छिपकलियों का अपनी पूँछ छोड़ देना, कौओं को भगाती कोयलें, अपना रंग और आकार बदलते ऑक्टोपस, जाले बनाती मकड़ियाँ और यहाँ तक कि किसी चीनी कारखाने के पास से गुजरती ट्रेन में बैठे अपनी नाक बन्द करते लोग। ये सभी उन दिलचस्प चीजों के उदाहरण हैं जो जानवर अपना भोजन तलाशने के लिए, किसी भी नुकसानदायक चीज से बचने के लिए, परभक्षी शिकारियों से बचने के लिए, सहवासी को आकर्षित करने के लिए और अपने बच्चों को बड़ा करने के लिए करते हैं।

अपनी दिखाई देने वाली जटिलता के बावजूद इनमें से प्रत्येक आचरण में तीन चरण होते हैं :

1. परिवेश का बोध : जानवर विभिन्न ‘संवेदी उद्दीपकों (sensory stimuli)’, जैसे प्रकाश (देखने के द्वारा), ध्वनि (सुनने के द्वारा), उड़नशील और न उड़ने वाले रसायन (सूँघने और चखने के माध्यम से) और दबाव, (छूने के माध्यम से) के माध्यम से अपने परिवेश का निरीक्षण करते हैं।

2. संवेदी जानकारी को संसाधित करते हैं : एक बार जब जानवरों को संवेदी जानकारी प्राप्त हो जाती है, तो उसके बाद, उन्हें उस जानकारी को संसाधित करने की जरूरत होती है ताकि उसके बारे में वे कोई निर्णय कर सकें कि क्या परिवेश में उनके लिए कोई खतरा है, या भोजन पाने का कोई मौका है या क्या कोई सहवासी पाने का अवसर है?

3. प्रतिक्रिया देना : निर्णय हो जाने के बाद जरूरी होता है कि जानवर उद्दीपक के प्रति उपयुक्त व्यवहारगत प्रतिक्रिया दें - उससे बचें, उसे खाएँ या उसके साथ सहवास करें!

जानवरों और उनके परिवेश के बीच होने वाली इन अन्तर्क्रियाओं की मध्यस्थता तंत्रिका तंत्र द्वारा की जाती है।

तंत्रिका तंत्र क्या है?

जैली फिश से लेकर मनुष्यों तक अधिकांश बहुकोशीय जानवरों के पास किसी न किसी किस्म का तंत्रिका तंत्र होता है। इनमें से कुछ के तंत्र अपेक्षाकृत सीधे-सरल होते हैं, वहीं अन्य बहुत हद तक जटिल होते हैं। जटिलता के इन अन्तरों के बावजूद जानवरों के तंत्रिका तंत्र बुनियादी रूप से एक ही तरह के कोशाणुओं (सैल्स) से बनते हैं, और एक से ढंग से काम करते हैं।

तंत्रिका तंत्र जीवों के भीतर संचार संजालों की तरह काम करते हैं। यह 'नेटवर्क', तंत्रिका कोशाणु (न्यूरान) नामक विशेष कोशाणुओं से बने होते हैं जो एक-दूसरे से बहुत पेचीदा ढंग से जुड़े होते हैं। न्यूरानों में यह अनोखी क्षमता होती है कि वे एक छोर से रासायनिक जानकारी हासिल करते हैं, उसे विद्युतीय संकेत में परिवर्तित कर देते हैं ताकि वह जानकारी बहुत जल्दी दूसरे छोर तक पहुँच जाए और फिर वापस इसे एक रासायनिक संकेत में तब्दील कर देते हैं ताकि उसे अगला न्यूरान पकड़ सके। दो न्यूरानों के बीच होने वाला यह रासायनिक संवाद ऐसे संधि-स्थानों पर होता है जिन्हें 'सिनैप्सेस' कहते हैं। बहुत तेजी से जानकारियाँ पहुँचाने की न्यूरानों की इसी क्षमता की बदौलत आप गरम कॉफी के गिलास को छूने पर तेजी से अपनी बाँह खींच लेते हैं। आपके हाथ के संवेदी न्यूरानों को गर्मी का बोध होता है, वे इस सूचना को तुरन्त ही इंटरन्यूरानों को पहुँचा देते हैं, जो आपकी बाँह की मांसपेशियों को सिकुड़ने के लिए कहती हैं (**चित्र 1** में रेखांकित)।

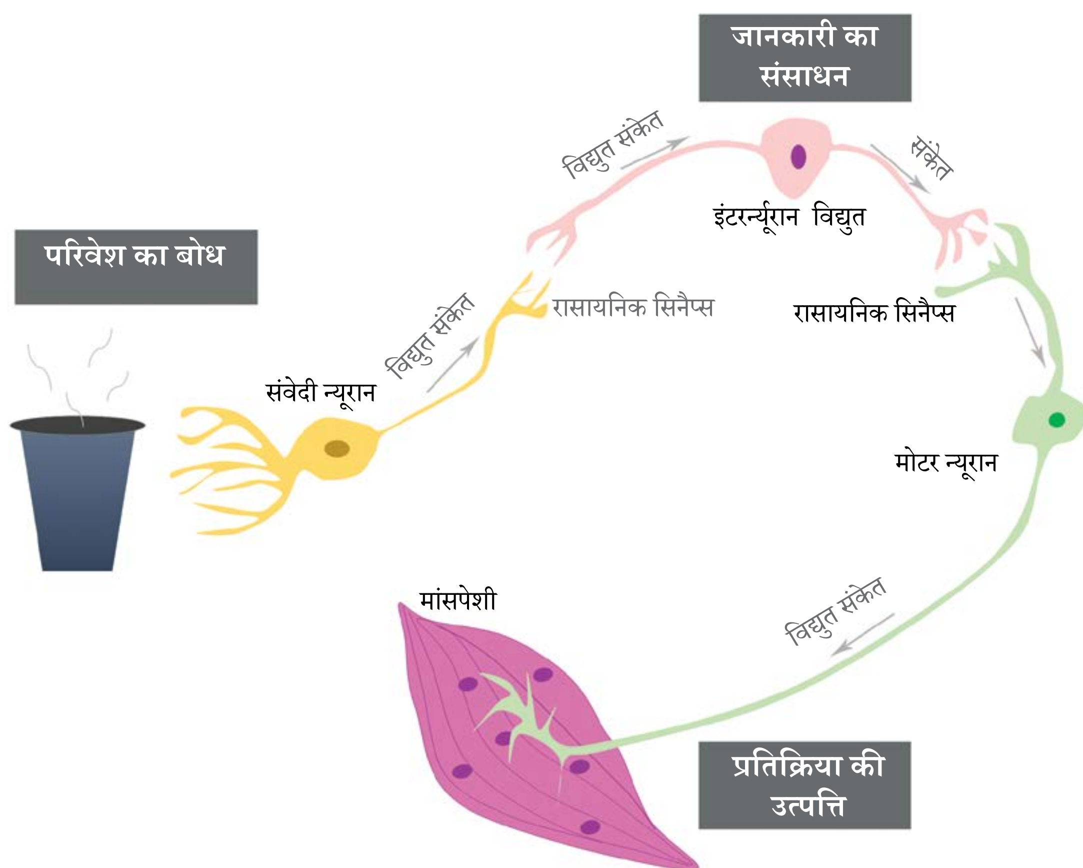
क्या आपने ध्यान दिया कि यह चित्र किसी सामान्य विद्युत परिपथ (सर्किट) के जैसा दिखता है? और जहाँ ये सरल-सा व्यवहार करने वाला एक सरल सर्किट है जिसमें सिर्फ तीन न्यूरान हैं, दूसरे सर्किटों में कई-कई न्यूरान हो सकते हैं। ऐसे सर्किट अक्सर बहुत विस्तृत ढंग से एक-दूसरे से जुड़े होते हैं, जिससे बहुत सरल तंत्रिका तंत्रों के चित्र भी अत्यन्त जटिल हो जाते हैं। इस बहुत सरल-से सर्किट में भी आपने एक चीज देखी होगी कि तीनों न्यूरान एक-दूसरे से बहुत अलग दिखाई देते हैं। यह तंत्रिका तंत्रों की एक और खास विशेषता होती है कि न्यूरान बहुत विविध और सुन्दर आकृतियों और प्रकारों के हो सकते हैं!

यह समझना आसान है कि क्यों बीती सदियों में तंत्रिका तंत्र को जानने के प्रति वैज्ञानिकों में बहुत आकर्षण रहा है। न्यूरान एक-दूसरे से कैसे बात करते हैं? अलग-अलग प्रकार के व्यवहारों के सर्किट कौन से हैं? ये सर्किट किस प्रकार बनते हैं? इनमें स्मृतियों का संग्रह किस प्रकार होता है? प्रश्न असंख्य हैं! अनगिनत लोगों ने इन पर काम किया है और हमें कुछ बेहद रोमांचक बातों का पता चला है।

तंत्रिका तंत्रों का अध्ययन करने के विविध तरीके

वैज्ञानिकों ने तंत्रिका तंत्र का अध्ययन करने के कई तरीके अपनाए हैं। स्क्विड के 'महाकाय' न्यूरान का अध्ययन करते हुए हमें पता चला है कि किस तरह न्यूरानों की कोशाणु झिल्लियों में से आयनों के आदान-प्रदान को प्रोटीन नियंत्रित करते हैं और इससे किस प्रकार न्यूरान ऐसे विद्युतीय कम्पन पैदा कर पाते हैं जिनके माध्यम से वे सूचना को बहुत तेजी से आगे पहुँचा देते हैं।[1] अलग-अलग न्यूरान किस तरह से एक-दूसरे से जुड़े होते हैं वैज्ञानिकों ने इस बात का पता लगाकर पूरे के पूरे तंत्रिका तंत्रों के परिपथ चित्र (सर्किट डायग्राम) बनाने के प्रयास भी किए हैं। इन प्रयासों के परिणामस्वरूप, हम *कैनोहैब्डाइटिस ऐलिगन्स*[2] नामक कीड़े और मैगट[3] (फलों की मक्खी, *ड्रोसोफिला मेलनोगैस्टर*, की प्रारम्भिक लार्वा वाली अवस्था) के सम्पूर्ण तंत्रिका तंत्रों के परिपथ चित्रों को जानते हैं, जिनमें क्रमशः 302 और 10000 न्यूरान होते हैं। अब चूहों और मनुष्यों के मस्तिष्क के हिस्सों के लिए भी ऐसा कर पाने के लिए विस्तृत अध्ययन किए जा रहे हैं[4]। इस बात को ध्यान में रखते हुए कि चूहों में लगभग 7 करोड़, और मनुष्यों में करीब 8 हजार करोड़ न्यूरान होते हैं, इसमें कोई सन्देह नहीं कि इन अध्ययनों के द्वारा ऐसे परिपथों की पुनर्रचना करना कहीं ज्यादा चुनौतीपूर्ण होगा।

ऐसे सम्पूर्ण परिपथ चित्रों के भीतर ही वैज्ञानिकों ने ऐसे 'उप-परिपथों (सब-सर्किटों)' का पता लगाने की कोशिश की जो क्रियात्मक रूप से महत्त्वपूर्ण होते हैं - उदाहरण के लिए, कॉफी के गरम गिलास वाले त्रि-न्यूरान सर्किट, क्रियात्मक सर्किट हैं। ज्यादा जटिल व्यवहारों के लिए ज्यादा जटिल सर्किट होते हैं, और वैज्ञानिक बहुत परिश्रम करते हुए पूरे क्रियात्मक सर्किटों का पता लगाने के लिए विद्युत सलाईयों (electrical probes) का उपयोग करते हैं। ऐसे ही एक शुरुआती अध्ययन से जोंकों के तैरने के व्यवहार को नियंत्रित करने वाले पूरे सर्किट का बहुत सुन्दर चित्र सामने आया।[5] यह साधारण-सी बात लग सकती है लेकिन हकीकत में यह जटिल व्यवहारों के आधार का काम करने वाले न्यूरल वायरिंग सर्किटों को समझने की क्षमता में एक बहुत बड़ी छलाँग को निरूपित करती है। अब नई तकनीकों के



चित्र 1 : जानवर अपने तंत्रिका तंत्र के माध्यम से अपने परिवेश के साथ अन्तर्क्रिया करते हैं। आपकी उँगलियों के संवेदी न्यूरानों को कॉफी के गिलास की गर्मी का बोध हो जाता है। वे इस जानकारी को तुरन्त मेरूदण्ड में भेज देते हैं जहाँ इस जानकारी का संसाधन होता है, और फिर इसे इंटरन्यूरान तक पहुँचा दिया जाता है। फिर वह आपकी बाँहों की मांसपेशियों में मोटर न्यूरान को सक्रिय करता है और बाँहों को सिकुड़ने के लिए कहता है। ध्यान दें कि न्यूरानों के बीच होने वाला सारा संवाद सिनैप्सेस पर ऐसे रसायनों के माध्यम से होता है जिन्हें 'न्यूरोट्रांसमिटरर्स' कहते हैं। ये रसायन अन्य न्यूरानों को सक्रिय भी कर सकते हैं और उन्हें बन्द भी कर सकते हैं। न्यूरान द्वारा प्राप्त की जाने वाली रासायनिक जानकारी को एक विद्युत संकेत में बदल दिया जाता है ताकि न्यूरान के एक छोर से जानकारी तुरन्त ही दूसरे छोर तक पहुँचा दी जाती है। इस तरह से, त्रि-न्यूरान सर्किट के माध्यम से आप गर्म कॉफी के गिलास से बहुत जल्दी अपना हाथ खींच लेते हैं।

सहारे हम न्यूरानों को न सिर्फ उनके सक्रिय होने की स्थिति में देख सकते हैं, बल्कि सिर्फ उन पर प्रकाश डालकर या तापमान में थोड़ा-सा बदलाव करके उन्हें अलग-अलग तौर पर भी बन्द कर सकते हैं या सक्रिय कर सकते हैं।[6,7] इससे हमें जटिल तंत्रिका तंत्रों के और अधिक जटिल क्रियाशील सर्किटों का पता लगाने में, और इस तरह यह समझने और तुलना करने में मदद मिलती है कि जानवर किस प्रकार विभिन्न गन्धों को पहचानते हैं, दृश्यात्मक जानकारी को संसाधित करते हैं, स्वाद लेते हैं, उड़ते हैं, चलते हैं और कैसे इन जटिल व्यवहारों का सामंजस्य करते हैं!

फलों की मक्खियाँ हमें बताती हैं कि मस्तिष्क कैसे निर्मित किया जाता है

अध्ययन की एक अन्य पद्धति इस बात को समझने की रही है कि कैसे ये जटिल सर्किट इस तरह के बनाए जाते हैं कि उनमें वायरिंग की कोई गलतियाँ नहीं होतीं। पहले दिए गए एक उदाहरण में, इस तथ्य का - कि ट्रेन में मौजूद सभी लोगों को वाष्पशील पदार्थों की महक आती है, उसकी बदबू का एहसास होता है, और लगभग एक ही समय पर सब अपनी-अपनी नाक बन्द करने के लिए अपने हाथ आगे बढ़ाते हैं - अर्थ यह हुआ कि उन सभी लोगों के पास इस घटनाक्रम के लिए एक-सा क्रियाशील सर्किट है। यानी किसी एक व्यक्ति के भीतर के

न्यूरान ठीक उसी तरह से जुड़े होते हैं जैसे किसी दूसरे व्यक्ति में, जिसका मतलब यह हुआ कि कोई ऐसे नियम तो होंगे जो इस तरह के जटिल सर्किटों को बार-बार हर व्यक्ति के भीतर बना पाने की सुविधा देते हैं। वे कौन से नियम हैं जो तंत्रिका तंत्र और उसकी जटिल सर्किटरी के निर्माण के निर्देश देते हैं?

पिछले कुछ दशकों में हमने इस प्रक्रिया के बारे में काफी कुछ जानकारी हासिल की है। यह समझ मनुष्यों के अध्ययनों से नहीं बल्कि अन्य जीवों, जैसे कि चूहों, मछलियों, मक्खियों और कीड़ों के अध्ययन से हासिल की गई है। हालाँकि इन जीवों के तंत्रिका तंत्रों और उनके विकसित होने के ढंग में बड़े अन्तर हैं, परन्तु उनमें कई साझा सिद्धान्त भी निकलकर सामने आए हैं। फलों की विनम्र मक्खी के तुच्छ आकार और संसार भर के रसोईघरों में उसके निरादर के बावजूद, तंत्रिका तंत्र की यह समझ निर्मित होने में उसका योगदान असाधारण रहा है।

वयस्क मक्खियों का लगभग 100,000 न्यूरानों वाला तंत्रिका तंत्र काफी जटिल होता है। पहली नजर में, उसकी संरचना और पेचीदा सम्बन्धों के जाल में किन्हीं भी ऐसे नियमों का अभाव दिखाई देता है जो उसके निर्माण को नियंत्रित कर सकते हों। लेकिन शोधकार्य ने दर्शाया है कि ऐसे नियम हैं जरूर और उनमें से कुछ बहुत सरल भी हैं! तो उस मक्खी का अण्डा, जो एक अकेला कोशाणु होता है, कैसे आगे जाकर विभिन्न आकृतियों और प्रकारों वाले 100,000 न्यूरानों को पैदा कर देता है, और वे कैसे आपस में सही ढंग से जुड़े रहते हैं?

मूल तंत्रिका कोशाणु (न्यूरल स्टैम सैल्स) बनाना

इस समस्या को हल करने के लिए, मक्खी का भ्रूण पहले स्टैम कोशाणु निर्मित करता है। स्टैम कोशाणु एक ऐसी बढ़िया तरकीब होते हैं जिसका इस्तेमाल करके लगभग सभी विकसित हो रहे भ्रूणों के तकरीबन सभी ऊतकों में उन कोशाणुओं की संख्या और प्रकारों को बढ़ाया जाता है जिनका कि उत्पादन किया जा सकता है। इसका कारण यह है कि जब एक स्टैम कोशाणु दो में विभाजित होता है, तो उनमें से एक कोशाणु विशेष कार्य करने वाला कोशाणु बन जाता है और दूसरा अपने मूल रूप की प्रतिलिपि बन जाता है। इससे स्टैम कोशाणुओं को अनेक विशेषज्ञ कोशाणुओं को पैदा करने की सुविधा मिल जाती है और साथ ही वे स्वयं अपनी संख्याओं की भी आपूर्ति करते रहते हैं। जो स्टैम कोशाणु मक्खी के भ्रूणों में तंत्रिका तंत्र का निर्माण करते हैं, उन्हें 'न्यूरोब्लास्ट्स' कहा जाता है। विशेष योग्यता वाले कोशाणु (जो 'गैंग्लियन मदर सैल्स' कहलाते हैं) एक बार और विभाजित होकर दो ऐसे न्यूरान पैदा करते हैं जो फिर कभी विभाजित नहीं होते। इसका मतलब है कि प्रत्येक बार जब एक न्यूरोब्लास्ट विभाजित होता है तब वह दो न्यूरान उत्पन्न करता है (जैसा कि **चित्र 2** में देखा जा सकता है)।

न्यूरोब्लास्ट कोशाणु भ्रूण के विकास की बहुत प्रारम्भिक अवस्था में ही निर्मित होते हैं। फलों की मक्खी को अण्डे से लेकर, लार्वा और प्यूपा की अवस्थाओं से होते हुए वयस्क मक्खी में रूपान्तरित होने में लगभग 10 दिन लगते हैं। पहले दिन, अण्डे की आकृति एक खोखली रग्बी की गेंद जैसी होती है जिसे चारों ओर से एक जैसे कोशाणुओं की एक परत घेरे रहती है। पड़ोस के कोशाणुओं से होने वाली अन्तर्क्रियाओं के फलस्वरूप उनमें से कुछ का आकार बड़ा हो जाता है और वे भ्रूण के भीतर ही फूल जाते हैं। ये बड़े आकार के कोशाणु ही न्यूरोब्लास्ट होते हैं। भ्रूण की पूरी लम्बाई में लगभग 500 न्यूरोब्लास्ट निर्मित हो जाते हैं और वे आगे बढ़ते हुए मक्खी के तंत्रिका तंत्र के विविध प्रकार के सभी 100,000 न्यूरानों को पैदा करते हैं।

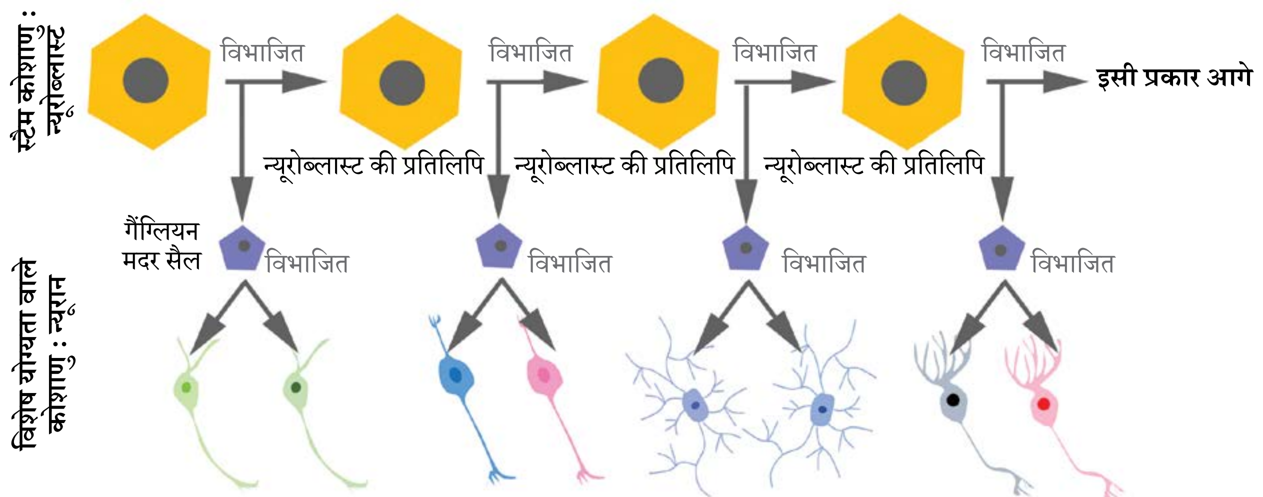
इतने थोड़े से कोशाणु इतने विभिन्न प्रकार के न्यूरान कैसे पैदा करते हैं?

विविध प्रकार के न्यूरानों को निर्मित करना

इस उपलब्धि को हासिल करने के लिए न्यूरोब्लास्ट्स दो काम करते हैं। पहला तो यह कि, प्रत्येक बार जब एक दिया गया न्यूरोब्लास्ट विभाजित होता है तो वह (एक ही तरह के न्यूरान बार-बार पैदा करने के बजाय) हर बार भिन्न-भिन्न प्रकार के न्यूरान उत्पन्न करता है। दूसरी बात यह है कि 500 न्यूरोब्लास्टों में प्रत्येक न्यूरानों के अलग-अलग समूहों को पैदा करता है[8] (जैसा कि **चित्र 3** में देखा जा सकता है)।

लेकिन एक न्यूरोब्लास्ट को क्या चीज दूसरे न्यूरोब्लास्ट से भिन्न बनाती है? और क्या चीज उनमें से प्रत्येक को समय के साथ अलग-अलग प्रकार से काम करने के लिए बाध्य करती है? न्यूरोब्लास्ट एक ऐसी व्यवस्था का इस्तेमाल करते हैं जो फोन नम्बरों के इस्तेमाल करने के जैसी होती है, जिनको डायल करने पर आपका सम्बन्ध केवल उन विशेष व्यक्तियों से ही जुड़ता है जिनके वे नम्बर होते हैं - एक व्यक्ति का फोन नम्बर उसका उसकी अनोखी पहचान का कोड होता है। इसी प्रकार से, प्रत्येक न्यूरोब्लास्ट को वंशाणुओं के एक अनोखे कोड से पहचाना जा सकता है जो उसके भीतर कार्यरत होता है और जो किसी भी दूसरे न्यूरोब्लास्ट में नहीं होता।

समय बीतने के साथ होने वाले परिवर्तनों को एक बहुत ही रोचक रणनीति के द्वारा हासिल किया जाता है। यदि प्रत्येक न्यूरोब्लास्ट उसकी उम्र बढ़ने के साथ ही अलग-अलग न्यूरान



चित्र 2 : विकास की प्रक्रिया में स्टैम कोशाणु - अनेक ऊतकों के विकास में स्टैम कोशाणुओं का उपयोग बड़ी संख्याओं में विविध प्रकार के कोशाणुओं को पैदा करने के लिए किया जाता है। एक स्टैम कोशाणु असमान ढंग से विभाजित होता है, विभाजन से पैदा हुए कोशाणुओं में से एक आम तौर पर विशेष प्रकार का कोशाणु होता है, जबकि दूसरा एक स्टैम कोशाणु होता है। मक्खी के तंत्रिका तंत्र में, स्टैम कोशाणु ही न्यूरोब्लास्ट होता है, और जिस विशेष योग्यता वाले कोशाणु (गैंग्लियन मदर सैल) को वह प्रत्येक विभाजन में पैदा करता है, वह फिर एक बार विभाजित होकर दो न्यूरान उत्पन्न करता है। इस उदाहरण में गौर करें कि एक अकेले न्यूरोब्लास्ट ने केवल चार विभाजनों से आठ न्यूरानों को उत्पन्न किया है।

निर्मित करता है, तो उसके पास निश्चित ही 'समय का हिसाब रखने' का कोई तरीका होगा। और वाकई में, न्यूरोब्लास्ट एक 'आणविक घड़ी' का उपयोग करके ठीक ऐसा ही करते हैं। समय बीतने के साथ कड़ाई से नियमित क्रम में, वंशाणुओं के काम करना चालू करने और बन्द करने की युक्ति के द्वारा एक आणविक घड़ी निर्मित हो जाती है। उदाहरण के लिए, वंशाणु 1 वंशाणु 2 को चालू (स्विच ऑन) करके स्वयं बन्द (स्विच ऑफ) हो जाता है, वंशाणु 2 फिर वंशाणु 3 को चालू करके स्वयं बन्द हो जाता है, और इसी प्रकार क्रम बढ़ता जाता है। इसके परिणामस्वरूप उन वंशाणुओं का क्रम बन जाता है जो चालू होते हैं - पहले वंशाणु 1, फिर वंशाणु 2, फिर वंशाणु 3... और इसी तरह आगे भी। इसलिए यदि कोई न्यूरोब्लास्ट वंशाणु 1 की 'समय की खिड़की (टाइम विंडो)' के भीतर था तो वह एक प्रकार का न्यूरान पैदा करता, और यदि वह वंशाणु 4 की 'समय की खिड़की' में था तो वह दूसरी तरह का न्यूरान पैदा करता और इसी तरह यह सिलसिला चलता जाता।

इस विधि से, प्रारम्भिक रूप से एक जैसे थोड़े से न्यूरोब्लास्ट अनोखे आणविक पहचान के कोड (ऐसे वंशाणुओं का **संयोजन** जो उसके भीतर स्विच ऑन या चालू कर दिए गए होते हैं) हासिल कर लेते हैं जो उन्हें एक-दूसरे से भिन्न बना देते हैं। इसके अलावा, एक आणविक घड़ी (ऐसी वंशाणुओं का **क्रम** जो चालू कर दिए गए होते हैं) उन्हें समय के साथ बदलने के लिए नियमित कर देती है।[8] वंशाणुओं के बीच में स्थान और समय के बदलने के साथ-साथ होने वाली इन अन्तर्क्रियाओं के परिणामस्वरूप, थोड़े से न्यूरोब्लास्ट मस्तिष्क में न्यूरानों की चकित करने वाली विविधता को उत्पन्न कर देते हैं!

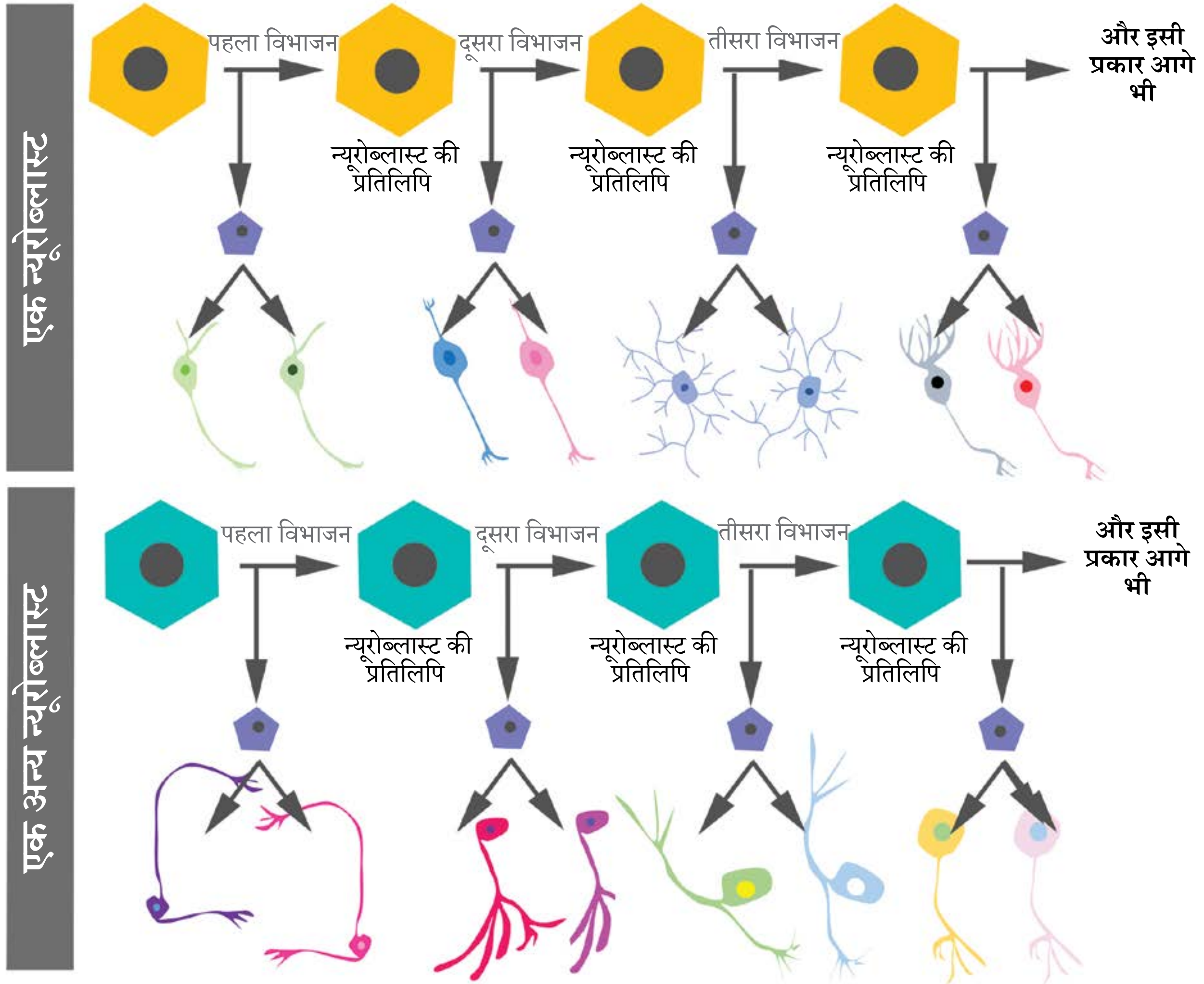
मस्तिष्क के कार्यकारी खण्ड (मॉड्यूल्स)

इसमें कोई सन्देह नहीं कि इन अध्ययनों से जो सबसे सुन्दर सिद्धान्त निकलकर सामने आया, वह यह है कि मस्तिष्क को उसके एक-एक टुकड़े को जोड़कर बनाए जाने की जरूरत नहीं होती, बल्कि वह कार्यकारी खण्डों के संयोजन से बनता है। इसका कारण यह होता है कि किसी विशेष न्यूरोब्लास्ट के द्वारा उत्पादित न्यूरानों की प्रवृत्ति इकट्ठे बने रहने की और मस्तिष्क के एक ही कार्यकारी उप-परिपथ (सब-सर्किट) में जुड़ जाने की होती है। उदाहरण के लिए, मक्खी के मस्तिष्क में, 'एलैड 1' कहलाने वाला एक खास न्यूरोब्लास्ट लगभग 120 न्यूरान बनाता है, जो सभी उस उप-परिपथ में भाग लेते हैं जो मक्खी को सूँघने की सुविधा देता है। इसी प्रकार, एक अन्य न्यूरोब्लास्ट, जिसका नाम 'एलएएलवी 1' है, लगभग 150 न्यूरानों का एक अन्य समूह पैदा करता है जो फिर ऐसे उप-परिपथ में भागीदारी करते हैं जिसके माध्यम से मक्खी उड़ने के

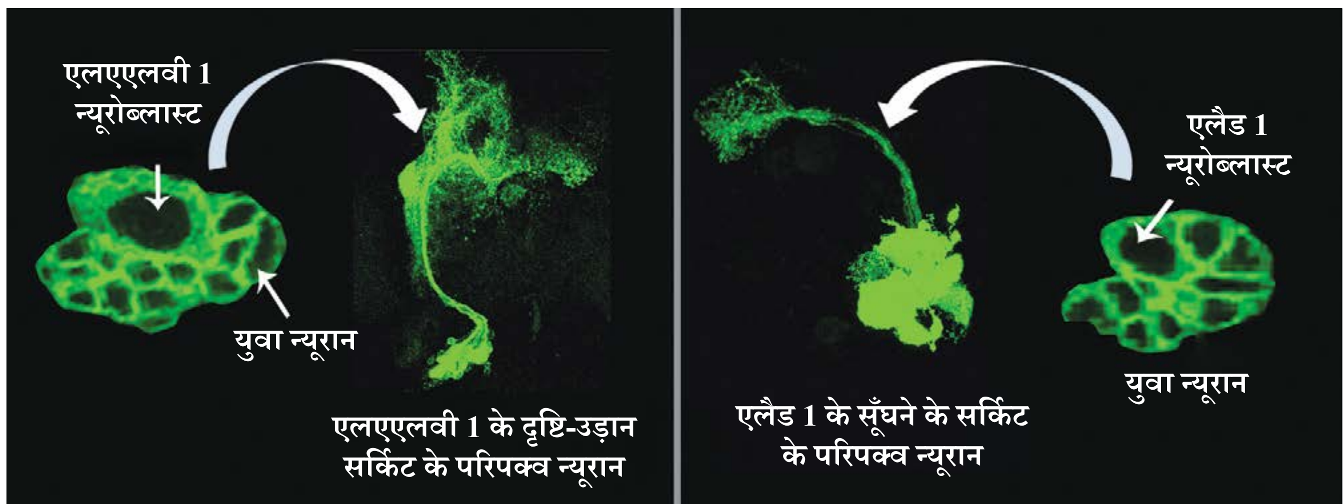
दौरान दृश्यात्मक जानकारी को संसाधित कर पाती है।[9] इसका मतलब है कि मक्खी के पास एक साथ 100,000 न्यूरानों की वायरिंग को नियंत्रित करने की रणनीति नहीं होती, बल्कि उसे न्यूरानों के केवल लगभग 500 कार्यकारी खण्डों को नियंत्रित करना पड़ता है। यह वायरिंग की समस्या की जटिलता को कई गुना कम कर देता है (**चित्र 4** देखें)।

जानवरों के बीच में समानताएँ

क्या ये सभी जानकारियाँ केवल मक्खियों के लिए ही खास तौर पर उपयोगी हैं, या कि इनमें से किसी बात का व्यापक महत्त्व भी है? जिस प्रकार के प्रयोगों ने दुनिया भर में तमाम वैज्ञानिकों को इन सब बातों का पता लगाने की सुविधा दी, उस तरह के प्रयोग मक्खियों के अलावा दूसरे जानवरों के साथ कर पाना काफी

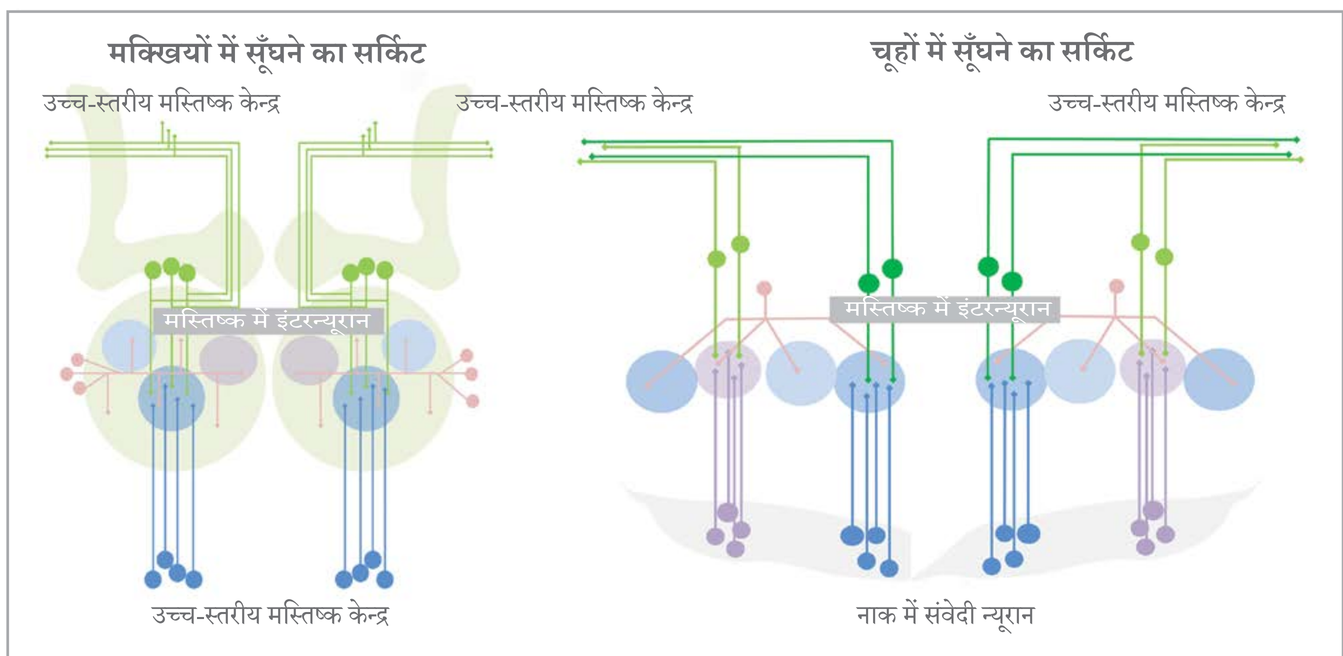


चित्र 3 : स्टैम कोशाणुओं के छोटे-से संग्रह से अनेक विविध प्रकार के न्यूरान पैदा होते हैं - मस्तिष्क के स्टैम कोशाणुओं में से प्रत्येक में वंशाणुओं (जीन्स) का अनोखा संयोजन कार्यरत होता है, और यह उनमें से प्रत्येक को अनोखा बना देता है, जैसा कि पहचान के कूटसंकेत (कोड) में होता है। ऊपर के रेखाचित्र में इसे अलग-अलग रंगों के न्यूरोब्लास्टों के द्वारा निरूपित किया गया है। चूँकि प्रत्येक न्यूरोब्लास्ट भिन्न होता है, इसलिए उनमें से प्रत्येक न्यूरानों का एक अनोखा समूह पैदा कर सकता है। पहचान के इस कोड के अतिरिक्त, एक न्यूरोब्लास्ट के जीवन में वंशाणुओं का एक अन्य समूह भी एक बहुत ही सटीक क्रम में कार्यरत होता है। यह क्रम एक न्यूरोब्लास्ट को 'समय का हिसाब' रखने की सुविधा देता है, जिसका उपयोग वह अलग-अलग समय पर अलग-अलग प्रकार के न्यूरानों को पैदा करने के लिए करता है। इस चित्र में, आप देख सकते हैं कि प्रत्येक विभाजन के साथ, अलग-अलग प्रकार के न्यूरान निर्मित किए जाते हैं। इन 'पहचान के वंशाणुओं' की 'समय के वंशाणुओं' के साथ होने वाली अन्तर्क्रियाओं के फलस्वरूप ही कुछ सौ न्यूरोब्लास्टों को अनेक हजारों में विभिन्न प्रकार के न्यूरानों को उत्पन्न करने की सुविधा मिल जाती है।



चित्र 4 : मस्तिष्क कार्यकारी खण्डों से मिलकर बना होता है। प्रत्येक न्यूरोब्लास्ट (बड़े कोशाणु) ऐसे न्यूरानों (छोटे कोशाणुओं) की एक शृंखला को निर्मित करता है जो आरम्भ में इकट्ठे रहते हैं। फिर वे सभी एक ही कार्यकारी सर्किट में जुड़ जाते हैं। उदाहरण के लिए, एलएएलवी 1 न्यूरोब्लास्ट के द्वारा बनाए गए सभी न्यूरान उस सर्किट में जुड़ जाते हैं जो मक्खी के उड़ने के दौरान दृश्यात्मक जानकारी को संसाधित करने के लिए होता है, वहीं एलैड 1 न्यूरोब्लास्ट के द्वारा उत्पादित सभी न्यूरान सूँघने के सर्किट में जुड़ जाते हैं।

ज्यादा कठिन होता है। लेकिन फिर भी, जैसे-जैसे चींटियों, मधुमक्खियों, मछलियों, चूहों और यहाँ तक कि मनुष्यों के बारे में भी, थोड़ी-थोड़ी जानकारियाँ मिल रही हैं, वैसे-वैसे यह अधिकाधिक रूप से स्पष्ट होता जा रहा है कि सभी मामलों में सामान्य सिद्धान्त समान रहते हैं, अर्थात तंत्रिका तंत्र के निर्माण में, न्यूरल स्टैम कोशाणु विविध प्रकार के न्यूरानों को पैदा करने के लिए आणविक कोड्स तथा आणविक घड़ी का इस्तेमाल करते हैं और इसकी सम्भावना भी है कि वे ऐसा कार्यकारी



चित्र 5 : अलग-अलग जानवरों के सर्किटों में भी मिलते-जुलते वायरिंग रेखाचित्र होते हैं । अलग-अलग जानवरों के अनेक कार्यकारी सर्किटों में भी एक जैसी ही संयोजकता (कनेक्टिविटी) होती है । उदाहरण के लिए, ऊपर के रेखाचित्रों में तुलना करें कि मक्खी तथा चूहे, दोनों में किस तरह से संवेदी न्यूरान मस्तिष्क के उच्च-स्तरीय केन्द्रों को जानकारी सम्प्रेषित करने के लिए इंटरन्यूरानों से जुड़े रहते हैं । आप गौर करेंगे कि दोनों में संयोजकता बहुत एक जैसी है । (adapted from [10])

खण्डों में करते हैं। वास्तव में, अनेक मामलों में इस सब को क्रियान्वित करने के लिए इस्तेमाल किए जाने वाले वंशाणु भी समान रहते हैं! इससे भी ज्यादा चकित करने की बात यह है कि वे न्यूरान जिन उप-परिपथों को निर्मित करते हैं उनके परिपथ को दर्शाने वाले रेखाचित्र भी उल्लेखनीय रूप से एक जैसे दिखते हैं (**चित्र 5** देखें)! इसलिए यह वाकई में सच है कि फलों की मक्खी जैसी मामूली प्रजाति के साथ किए गए प्रयोगों के माध्यम से प्राप्त हुई अन्तर्दृष्टियाँ, व्यापक दृष्टिकोण से तंत्रिका तंत्र को समझने के लिए भी बहुत जानकारी प्रदान करने वाली और उपयोगी होती हैं।

निष्कर्ष

पिछले कई वर्षों से, जानवरों के व्यवहार ने लोगों की जिज्ञासा को उकसाया है और उन्होंने विभिन्न प्राणियों तथा उनके व्यवहारों का अध्ययन करने के लिए विविध प्रकार की तकनीकों का उपयोग किया है। इन जानवरों और तकनीकों में से प्रत्येक ने हमें यह समझने में मदद की है कि जानवर किस प्रकार अपने परिवेश के साथ अन्तर्क्रियाएँ करते हैं। स्क्विड्स के बड़े आकार वाले न्यूरान उनमें विद्युतीय सलाइयों को डालने के लिए बिलकुल उपयुक्त होते हैं, और फलों की मक्खियों में उपलब्ध शानदार जेनेटिक उपकरण हमें यह समझने की सुविधा देते हैं कि वे किस तरह प्रक्रिया को नियंत्रित करते हैं, और चूहे उत्तम प्रतिरूप होते हैं क्योंकि उनकी मनुष्यों से 'निकटता' होती है, जो कि रोगों को समझने के लिए विशेष रूप से महत्त्वपूर्ण होती है। फिर भी, अभी तक जो सब कुछ हम जान पाए हैं, वह उस सब की तुलना में बहुत कम है जो हम अभी भी जानते और समझते नहीं हैं। लेकिन इस मार्ग पर बढ़ते हुए हमने ऐसी क्रान्तिकारी प्रौद्योगिक तकनीकें विकसित की हैं जो हमें ज्ञान की सीमाओं को आगे बढ़ाने की तथा मस्तिष्क और तंत्रिका तंत्र के बारे में अनेक नई रोमांचक खोजों को हासिल करने की सुविधा देती हैं।

Resources

1. General overview of the nervous system and neuronal signalling: http://www.nobelprize.org/educational/medicine/nerve_signaling/game/nerve_signaling.html#/plot1
2. How to manipulate neurons with light: https://www.youtube.com/watch?v=I64X7vHSHOE
3. Watch hundreds of neurons fire spontaneously in the brain of a zebrafish[11]: https://www.youtube.com/watch?v=T2H6UdQVEFY
4. Watch thousands of neurons, in the young zebrafish brain, fire in response to different visual stimuli[12]: http://www.wired.com/2014/07/neuron-zebrafish-movie

References

1. Hodgkin, A. L. & Huxley, A. F. A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. *J. Physiol.* **117**, 500–544 (1952).
2. White, J. G., Southgate, E., Thomson, J. N. & Brenner, S. The Structure of the Nervous System of the Nematode Caenorhabditis elegans. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* **314**, 1–340 (1986).
3. Cardona, A. *et al*. An Integrated Micro- and Macroarchitectural Analysis of the Drosophila Brain by Computer-Assisted Serial Section Electron Microscopy. *PLoS Biol* **8**, e1000502 (2010).
4. Marx, V. Neurobiology: Brain mapping in high resolution. *Nature* **503**, 147–152 (2013).
5. Friesen, W. O. & Kristan, W. B. Leech locomotion: Swimming, crawling, and decisions. *Curr. Opin. Neurobiol.* **17**, 704–711 (2007).
6. Kazama, H. Systems neuroscience in Drosophila: Conceptual and technical advantages. *Neuroscience* **296**, 3–14 (2015).
7. Deisseroth, K. Optogenetics: 10 years of microbial opsins in neuroscience. *Nat. Neurosci.* **18**, 1213–1225 (2015).
8. Lin, S. & Lee, T. Generating neuronal diversity in the Drosophila central nervous system. *Dev. Dyn. Off. Publ. Am. Assoc. Anat.* **241**, 57–68 (2012).
9. Sen, S. *et al*. Genetic transformation of structural and functional circuitry rewires the Drosophila brain. *eLife* e04407 (2014). doi:10.7554/eLife.04407
10. Sen, S., Reichert, H. & VijayRaghavan, K. Conserved roles of ems/Emx and otd/Otx genes in olfactory and visual system development in Drosophila and mouse. *Open Biol.* **3**, 120177 (2013).
11. Muto, A., Ohkura, M., Abe, G., Nakai, J. & Kawakami, K. Real-Time Visualization of Neuronal Activity during Perception. *Curr. Biol.* **23**, 307–311 (2013).
12. Vladimirov, N. *et al*. Light-sheet functional imaging in fictively behaving zebrafish. *Nat. Methods* **11**, 883–884 (2014).



सोनिया सेन एक जीववैज्ञानिक हैं। उनकी इस बारे में गहरी दिलचस्पी है कि किस तरह वंशाणु और डी.एन.ए जटिल मस्तिष्कों के न्यूरल सर्किटों के निर्माण को निर्देशित करते हैं और जटिल मस्तिष्क कैसे विकसित हुए हैं। वे एक पोस्टडाक्टोरल फैलो हैं और इन सवालों के उत्तर फलों की मक्खियों और समुद्री कीड़ों में तलाश रही हैं। उनसे soniasen@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी

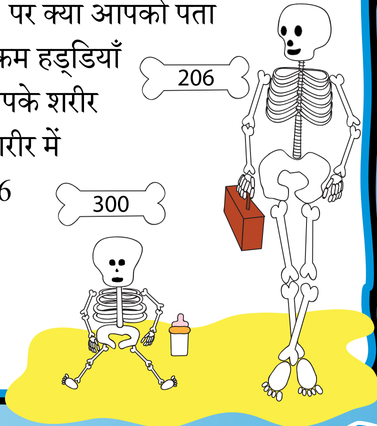
मानव हड्डियों के बारे में दस बातें जो आपको शायद पता नहीं

श्रीकान्त के. एस.

1

पैदा होने के बाद से वयस्क हो जाने तक (और उसके बाद भी) हम बढ़ते रहते हैं – हमारा शरीर बड़ा और तगड़ा हो जाता है। पर क्या आपको पता है कि वयस्क होने पर आप के शरीर में अपेक्षाकृत कम हड्डियाँ हो जाती हैं और जब आप पैदा हुए थे उस समय आपके शरीर में हड्डियाँ ज्यादा थीं? हाँ, जन्म के समय आपके शरीर में 300 हड्डियाँ थीं, लेकिन वयस्क होने पर सिर्फ 206 हड्डियाँ रह जाती हैं!

घबराइए नहीं, ये हड्डियाँ गायब नहीं हुई हैं, वे बस एक-दूसरे में मिल गई (जुड़ गई) हैं।



2

हो सकता है आपको यह पता हो कि आपकी जंघा की हड्डी (बुद्धिमान लगने के लिए आप इसे फीमर कह सकते हैं) आपके शरीर की सबसे लम्बी और भारी हड्डी होती है। पर क्या आपको पता है कि यह आपके शरीर की सबसे शक्तिशाली हड्डी भी है?

दरअसल यह तो कंक्रीट से भी अधिक शक्तिशाली होती है! इस हड्डी का छोटा-सा, माचिस की डिबिया बराबर हिस्सा लगभग 9 टन वजन को झेल सकता है – कंक्रीट द्वारा झेले जा सकने वाले वजन से चार गुना ज्यादा! यह अविश्वसनीय रूप से शक्तिशाली होती है – खास तौर से अगर आप इस तथ्य पर गौर करें कि यह हड्डी खोखली होती है!

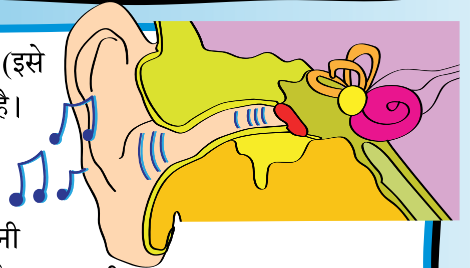
3



क्या आपको पता है कि आपके शरीर का सबसे बड़ा जोड़ आपके घुटने में है? पैटेला (नीकैप) नामक सपाट हड्डी इस जोड़ के कवच का काम करती है। पैदा होने के समय शिशुओं के शरीर में सिर्फ एक मजबूत, लचीला ऊतक (जिसे कार्टिलेज या उपास्थि कहते हैं) इस जोड़ को ढाँके रहता है। पर 2 से 5 साल की आयु के बीच यह ऊतक कड़ा होने लगता है और नीकैप बन जाता है।

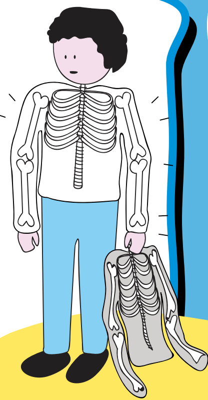
4

आपके शरीर की सबसे छोटी हड्डी को स्टेप्स (इसे स्टिरअप हड्डी भी कहा जाता है) कहा जाता है। यह आपके कान के भीतरी भाग (इनर ईयर) में पाई जाती है, और इसका आकार सिर्फ 2-3 मिमी होता है! क्या आपको पता है कि यह इतनी छोटी-सी हड्डी आपके शरीर में एक महत्वपूर्ण काम करती है? इसका आकार 'U' जैसा होता है, और यह आपके कान के भीतरी भाग में पहुँचने वाले सभी ध्वनि कम्पनों को प्राप्त करती है फिर उन्हें कान के भीतरी भाग (कॉक्लिआ) में पहुँचा देती है, जहाँ से आपका दिमाग उन कम्पनों का अर्थ निकालता है।



5

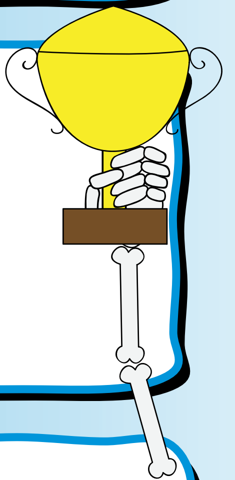
हम सब इस बात को जानते हैं कि हमारे शरीर में कुछ अंग ऐसे हैं जो खुद को लगातार नया बनाए रखते हैं (पुनर्विकसित होते रहते हैं)। पर क्या आपको यह पता है कि आपकी हड्डियाँ भी ऐसा कर सकती हैं? जी हाँ, हड्डियाँ न सिर्फ अपने को दुरुस्त कर लेती हैं, बल्कि वे पुनर्विकसित भी हो जाती हैं। उनकी निरन्तर चलने वाली रोजमर्रा की गतिविधि से हड्डियाँ कमजोर पड़ जाती हैं, पर उतनी ही जल्दी उनका पुनर्निर्माण हो जाता है। बल्कि, इतने नियमित रूप से ऐसा होता है कि हर सात साल में पुरानी हड्डी पूरी तरह बदलकर नई हड्डी बन जाती है, और हमें पूरा नया अस्थिपंजर मिल जाता है!



6

आपके शरीर के वे अंग जिनमें सबसे अधिक हड्डियाँ होती हैं वे हैं आपके हाथ – एक हाथ में 27 हड्डियाँ, 29 जोड़, और 123 अस्थिबन्ध होते हैं!

दरअसल मानव शरीर की 206 हड्डियों में से 106 तो सिर्फ हमारे हाथों और पैरों में होती हैं (एक हाथ में 27 हड्डियाँ और एक पैर में 26)। ये आपके शरीर की कुल हड्डियों की आधे से भी ज्यादा होती हैं!



7

मनुष्य का चेहरा 14 हड्डियों से बना होता है जो हमारी देखने, स्वाद लेने और सूँघने की ज्ञानेन्द्रियों की रक्षा करती हैं। क्या आपको पता है कि हमारे चेहरे की हड्डियाँ लगातार गतिमान रहती हैं, और ऐसा हमारे पूरे जीवनकाल के दौरान होता रहता है चाहे हम उनकी हलचल को महसूस कर पाते हों या नहीं। उम्र बढ़ने के साथ ये हलचलें अधिकाधिक स्पष्ट दिखाई देने लगती हैं। यही कारण है कि आपको आपके दादाजी या दादीजी का चेहरा 'धँसा हुआ-सा' लग सकता है।

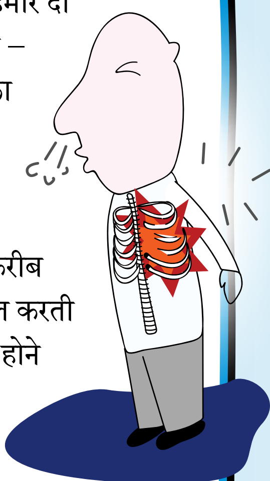
8

हमारी गर्दन में सात हड्डियाँ होती हैं। अब इस बात को ध्यान में रखते हुए क्या आप अन्दाजा लगा सकते हैं कि जिराफ की गर्दन में कितनी हड्डियाँ होती होंगी? 50? 100? जी नहीं, जिराफ की गर्दन में भी उतनी ही हड्डियाँ होती हैं जितनी कि हमारी गर्दन में। हाँ, उनकी हड्डियाँ कहीं ज्यादा लम्बी जरूर होती हैं!



9

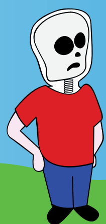
हमारे सीने की क्षैतिज हड्डियों को पसलियाँ कहते हैं। ये हड्डियाँ एक पिंजरा बनाती हैं जो हमारे दो सबसे महत्त्वपूर्ण अंगों – दिल और फेफड़े – का संरक्षण करता है। हमारे साँस लेने के कारण इनमें से हर एक पसली साल में करीब 50 लाख बार हलचल करती है। पर काफी मजबूत होने के बावजूद कभी-कभी जोर से आई एक छींक भी इन पसलियों को क्षति पहुँचाने के लिए काफी होती है। काफी डरावनी बात है!



10

गोरम्ज बीमारी (जिसे वैनिशिंग बोन डिजीज यानी हड्डी गायब होने की बीमारी भी कहा जाता है) सबसे रहस्यमयी बीमारियों में से एक है। इस बीमारी में दुरुस्त होने की बजाय टूटी हुई हड्डी धीरे-धीरे टूटती जाती है और फिर बिलकुल गायब हो जाती है।

अजीब बात यह है कि इस बीमारी के किसी उपचार का तो पता नहीं है लेकिन कुछ मामलों में यह बीमारी बड़े रहस्यमय ढंग से अपने आप ठीक हो जाती है। कोई नहीं जानता कि ऐसा क्यों और कैसे होता है, पर इन मामलों में बीमारी के लक्षण पूरी तरह से गायब हो जाते हैं!



श्रीकान्त के. एस. स्वतंत्र शोध सलाहकार हैं। उन्होंने प्रतिरक्षा विज्ञान (इम्यूनोलॉजी) में डॉक्टरेट किया है और उनकी दिलचस्पी मुख्य रूप से मेजबान-रोगाणु (होस्ट-पैथोजन) के बीच होने वाली अन्तर्क्रियाओं में है। उनसे sriikis@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** सत्येन्द्र त्रिपाठी

Azim Premji University

प्रयोग क्यों करें?

भास बापट

हमें चतुराई और परिश्रम से भरे प्रयोगों की विरासत आधुनिक विज्ञान के प्रवर्तकों से मिली है। आज जानकारी के भार से लदे हुए युग में, यह विचार करना उचित है कि विज्ञान की सीमाओं को आगे बढ़ाने के लिए हमें केवल उपलब्ध संसाधित जानकारी पर निर्भर रहने के बजाय प्रयोग करके अपने हाथों को गन्दा करने की जरूरत क्यों है ?

विज्ञान मनुष्य की जिज्ञासा से संचालित होता है - यह जानने की जिज्ञासा कि चीजें उस तरह से क्यों होती हैं जिस तरह वे होती हैं या दूसरे शब्दों में कहें तो यह समझने की जिज्ञासा कि प्रकृति किस तरह से काम करती है। यह जिज्ञासा कई धाराओं में प्रवाहित होती है जिनमें से दो को हम सरलता से अपना सकते हैं। पहली है, प्राकृतिक क्रियाकलापों (phenomena) का ध्यानपूर्वक अवलोकन करना, उन कारकों को पहचानना जो किसी विशेष परिणाम को प्रभावित करते हैं, और फिर प्रभावित करने वाले कारकों में फेरबदल करके परिणाम को नियंत्रित करने का प्रयास करना, तथा इस तरह से एक कारण-प्रभाव सम्बन्ध को स्थापित करना। दूसरी है, कोई चीज या घटना कैसी होना चाहिए इसके बारे में तार्किक ढंग से विचार करके एक कारण-प्रभाव सम्बन्ध का पूर्वानुमान लगाना, जिसके लिए जरूरी नहीं है कि उन विचारों पर व्यावहारिक रूप से काम करके उन्हें आजमाया जाए। विज्ञान के औपचारिक संसार में इन दो पद्धतियों को क्रमशः प्रायोगिक शोधकार्य तथा सैद्धान्तिक शोधकार्य के रूप में आसानी से पहचाना जाता है।

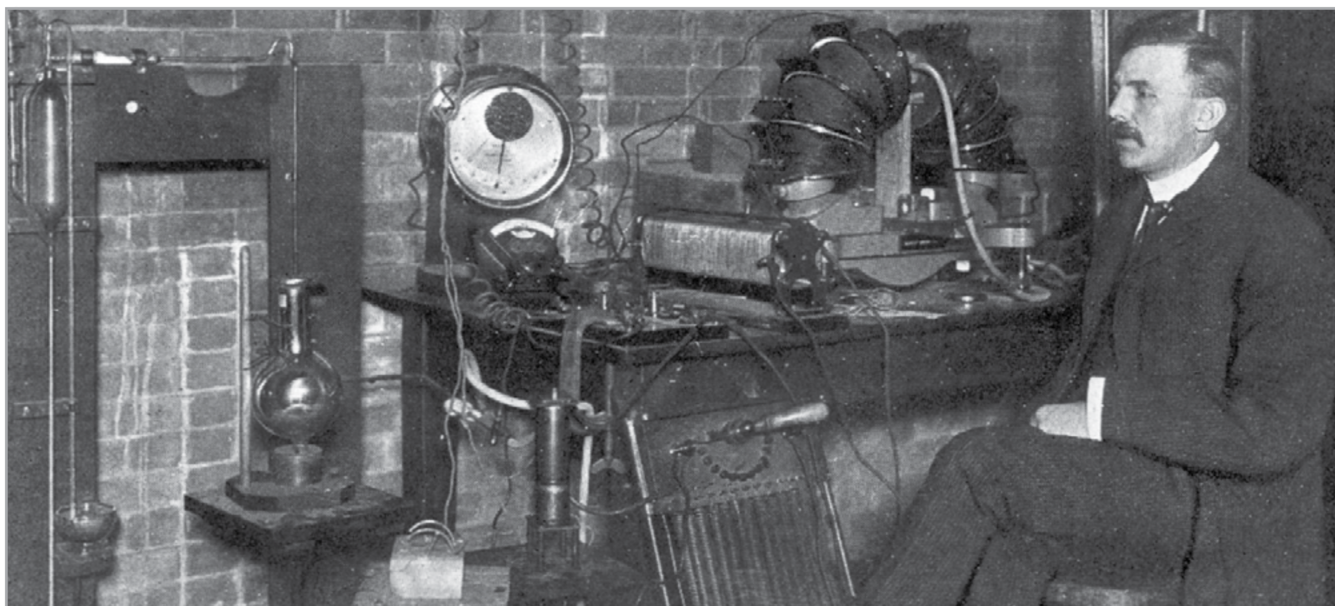
परन्तु, आम धारणा के विपरीत, ये दोनों एक-दूसरे से बिलकुल अलग धाराएँ नहीं हैं, और न ही इनमें से एक-दूसरे की अपेक्षा अधिक चतुराई से भरी और अधिक शुद्ध है। इसके बजाय, ये एक-दूसरे की पूरक और उसे आगे बढ़ाने वाली हैं। कोई प्रयोग (या प्रयोगों की शृंखला) तब किसी काम का नहीं होता यदि उससे निकाले गए निष्कर्ष हमें किसी घटना या क्रियाकलाप की एक अधिक व्यापक या अधिक विस्तृत समझ निर्मित करने में मदद नहीं करते। इसी प्रकार, कोई सिद्धान्त तब किसी काम का नहीं होता यदि वह उससे सम्बन्धित अवलोकनों को नहीं समझाता या तब तक न देखी गई चीजों के बारे में सही

पूर्वानुमान नहीं लगा पाता। हालाँकि हमेशा नहीं, पर बहुत बार कोई सिद्धान्त ऐसे स्वयं सिद्ध वक्तव्यों या अभिधारणाओं (postulates) पर आधारित होता है जो अवलोकनों के आधार पर निकाले गए निष्कर्ष होते हैं। मनुष्य स्वाभाविक रूप से केवल उन बातों पर विश्वास करने के लिए प्रशिक्षित होते हैं जिनका बोध वे अपनी पाँच इन्द्रियों के द्वारा करने में समर्थ होते हैं। इसलिए किसी ऐसी चीज के बारे में, जिसे कोई प्रशिक्षित वैज्ञानिक तब भी सहज स्वाभाविक रूप से स्वीकार कर लेगा जब उसे देखा न जा सके या उसका बोध इन्द्रियों से न हो सके, सम्भव है एक गैर-वैज्ञानिक व्यक्ति यह पूछे कि, 'अरे, क्या यह वास्तविक है?' इसका एक उदाहरण सूक्ष्म चीजों का संसार है। हम परमाणुओं और उनसे छोटे कणों पर विश्वास करते हैं, हालाँकि किसी ने भी सचमुच में उन्हें 'देखा' नहीं होता। इस विश्वास का कारण यह है कि हम प्रायोगिक अवलोकनों के आधार पर कुछ तर्कसंगत प्रतीत होने वाली अभिधारणाओं को मानने के द्वारा ज्ञान का एक शिखर निर्मित करने में समर्थ हुए हैं।

इस प्रकार, प्रयोग तीन प्रमुख उद्देश्यों को पूरा करते हैं। पहला, ऐसे क्रियाकलापों के बारे में जानकारी प्राप्त करना जिन्हें पहले समझा नहीं गया है, और फिर उस जानकारी का क्रियाकलापों के बारे में किसी सिद्धान्त को विकसित करने में इस्तेमाल करना, जिससे कि पूर्वानुमान लगाने की हमारी क्षमता बढ़ जाए। विज्ञान का इतिहास में इसके असंख्य उदाहरण हैं। परमाणु की अवधारणा अर्थात पदार्थ की कणों से निर्मित होने की अवधारणा और उससे जुड़ी ऊष्मा तथा तापमान की अवधारणाओं का विकास बहुत हद तक रासायनिक और भौतिक अभिक्रियाओं के गहरी अन्तर्दृष्टि के साथ किए गए विश्लेषण पर ही आधारित है।

प्रयोगों का दूसरा उद्देश्य किसी सिद्धान्त के द्वारा व्यक्त किए गए पूर्वानुमानों की पुष्टि करना या उन्हें नकार देना है। इसके कुछ विशेष रूप से उल्लेखनीय उदाहरणों में श्टर्न तथा गेरलाख के प्रयोग द्वारा परमाणुओं के कोणीय आवेग (angular momentum) का क्वांटम के रूप में व्यक्त करने (quantisation) का प्रदर्शन, तथा ऐडिंग्टन और उनके सहयोगियों के द्वारा सूर्य के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र के कारण प्रकाश के मुड़ने का मापन शामिल हैं। अभी हाल ही के दौर में, उच्च ऊर्जा वाले कणों के टकरावों के परिणामस्वरूप विभिन्न कणों की खोज ने उनसे सम्बन्धित मानक प्रतिरूप के पूर्वानुमानों की पुष्टि की है। एक ऐसे प्रसिद्ध प्रयोग का उदाहरण, जिसने एक लोकप्रिय सिद्धान्त को रद्द कर दिया, माइकेलसन मोरले का प्रयोग है। उसने सर्वत्र व्याप्त ईथर की धारणा की मृत्यु की घोषणा कर दी।

प्रयोग जो तीसरा उद्देश्य पूरा करते हैं, वह समाज के फायदों के



1. **चित्र 1 : रेडियोधर्मिता का अध्ययन करने के लिए अपने उपकरण के साथ अर्नेस्ट रदरफोर्ड।** अक्सर वैज्ञानिक उपकरण सिर्फ एक ऐसा औजार होता है जो कुछ आँकड़े प्रदान करता है। उन आँकड़ों से निकाले गए निष्कर्ष विज्ञान के लिए दूरगामी निहितार्थ हो सकते हैं, जैसा कि इस प्रयोग को लेकर भी हुआ। उन्होंने रदरफोर्ड को नोबेल पुरस्कार दिलवाया। Source: Contributor unknown, published in 1939 in Rutherford: being the life and letters of the Rt. Hon. Lord Rutherford, O. M - http://wellcomeimages.org/indexplus/image/L0014629.html. Wikimedia Commons- License: CC-BY. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Ernest_Rutherford#/media/File:Ernest_Rutherford_1905.jpg.

लिए विज्ञान के उपयोग का मार्ग प्रशस्त करना है। ऐसे फायदों की संख्या इतनी अधिक है कि उसकी सूची नहीं दी जा सकती, पर एक विशेष रूप से उल्लेखनीय उदाहरण हाबर प्रक्रिया है जिसने वायुमण्डल की नाइट्रोजन को अमोनिया के रूप में जमा करना सम्भव बनाया, जिसे पौधे एक पोषक तत्व की तरह उपयोग कर सकते थे। यही प्रक्रिया थी जो तेजी से बढ़ती हुई आबादी की खाद्य जरूरतों को पूरा करने के लिए कृषि उत्पादन की बड़े पैमाने पर वृद्धि करने की कुंजी थी। चिकित्सा एक अन्य ऐसा क्षेत्र है जिसे रसायनविज्ञान और भौतिकविज्ञान की विभिन्न शाखाओं में किए गए अनवरत प्रयोगों से अत्यधिक लाभ हुआ है। ऐसे निदानात्मक उपकरण, जैसे कि जैव-रासायनिक विश्लेषण, अल्ट्रासोनोग्राफी, एक्स-रे, एनएमआर, शरीर में न्यूनतम शल्यक्रिया वाले सुधार के हस्तक्षेप, और विभिन्न प्रकार के उपचार, ये सभी ऐसे क्षेत्रों में किए गए प्रयोगों की शृंखलाओं का परिणाम हैं जिनमें सैद्धान्तिक पहलू, यदि अज्ञात नहीं तो अत्यधिक जटिल और दुरूह अवश्य हैं। अनेक वैज्ञानिक खोजें आकस्मिक संयोग से हुई हैं, और इससे यह समझना आसान है कि आप जितना ज्यादा प्रयोगों के साथ जूझते रहेंगे, उतनी ही ज्यादा सम्भावना है कि आप किसी बड़ी चीज को खोज लेंगे।



भास बापट एक भौतिकशास्त्री हैं जो भारतीय विज्ञान शिक्षा एवं अनुसन्धान संस्थान पुणे में काम कर रहे हैं। उनकी रुचि स्कूल की विज्ञान शिक्षा में है। उनसे bhas.bapat@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद** : सत्येन्द्र त्रिपाठी

दूसरे मस्तिष्क की छानबीन

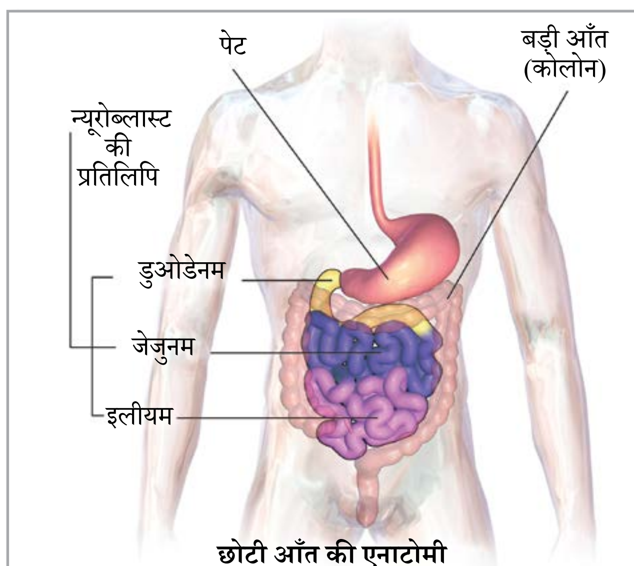
विग्नेश नारायण

लेखक के साथ आँत (Gut) के बारे में एक रोमांचक विवरण का अनुसरण कीजिए। यह शरीर का एक ऐसा छोटा किन्तु आश्चर्यजनक अंग है जो इतने सारे काम करता है कि इसे दूसरा मस्तिष्क भी कहा जाता है। जो भी चीज इसमें डाली जाती है उसे पचाने से लेकर अनुभूतियों और भावों को नियंत्रित करने तक के काम करने वाली आँत एक हरफनमौला (Jack of all trades) है, और यह इनमें से प्रत्येक काम में बेहद निपुण है।

"मैं शरीर में न बहुत ऊपर और न बहुत नीचे स्थित हूँ। मेरा भीतरी भाग नरम है और मेरे भीतर होने वाला प्रवाह निर्बाध होता है, मेरा काम गम्भीर है, इतना मैं आपको बता दूँ। मैं सारा दिन चीजों को कुचलती और पीसती और आगे धकेलती रहती हूँ, मैं ऐसी झीलों से भरी रहती हूँ जो लोहे की कीलें खा सकती हैं। मुझे हर उस चीज की भनक लग जाती है जो मेरी तरफ आती है, कभी-कभी मैं खुशी से सिहरती हूँ, और कभी दर्द से कराहती हूँ!"

आखिर आप यहाँ आ पहुँचे! आज मैं आपका इन्तजार ही कर रही थी ताकि आपको आपके शरीर के कुछ आश्चर्य दिखा सकूँ और एक छोटे मगर महत्त्वपूर्ण अंग की तरह यहाँ अपने विनम्र काम से परिचित करवा सकूँ। शुरुआत करने से पहले, चलिए हम अनुमान लगाने का एक खेल खेलें। यदि आप अनुमान लगा सकें कि मैं कौन हूँ तो मैं फिर आपको कभी भी तकलीफ नहीं दूँगी और जहाँ तक मेरा सम्बन्ध है फिर आपके शरीर में हर चीज सुगमता से चलेगी। अरे! मैंने तो लगभग अपना भेद खोल ही दिया था। अच्छा और फालतू बातें करने के बजाय, आपके लिए यहाँ एक उलझन भरा सवाल है - किस अंग में पचास करोड़ के लगभग (अर्थात पाँच के बाद आठ शून्य) तंत्रिका कोशाणु (न्यूरान) हैं, और वह मांसपेशियों तथा अन्य तंत्रिकाओं से विद्युतीय सन्देश प्राप्त भी करता है और उन्हें भेजता भी है, और जो शरीर में पाए जाने वाले 90 प्रतिशत से भी अधिक सेरोटोनिन (एक रसायन जो 'न्यूरोट्रांसमिटर - तंत्रिका सन्देश सम्प्रेषक' की तरह काम करता है, जिसका मतलब है कि वह न्यूरानों के माध्यम से पूरे शरीर में जानकारी सम्प्रेषित करने में मदद करता है) का, और 50 प्रतिशत से भी अधिक डोपामाइन (एक अन्य न्यूरोट्रांसमिटर) का उत्पादन करता है?

मित्रो, मैं आँत कहलाती हूँ। मैं पेट के ठीक नीचे स्थित रहती हूँ। मैं पाचन तंत्र की सबसे बड़ी संरचना का आखिरी हिस्सा होती हूँ जिसे 'जठरांत्र पथ - गैस्ट्रो-इंटेस्टाइनल ट्रैक्ट' कहा जाता है। इस शब्द को समझना बहुत कठिन नहीं है। 'गैस्ट्रो' का आशय पेट से होता है (यह ग्रीक शब्द गैस्टर से निकला है जिसका मतलब पेट होता है), 'इंटेस्टाइनल' का अभिप्राय उदर (abdomen) में स्थित छोटी और बड़ी आँतों (intestines) से होता है, और 'ट्रैक्ट' का मतलब सिर्फ एक बड़ा क्षेत्र या, इस मामले में, एक वाकई में लम्बी सुरंग है। पाचन तंत्र किसी फैक्ट्री की असेंबली लाइन (कारखाने में विभिन्न हिस्सों को जोड़ने वाली व्यवस्था) जैसा होता है जिसमें क्रमिक ढंग से विभिन्न प्रकार के विशिष्ट काम करने वाले कोशाणु और अंग होते हैं जो विभिन्न प्रकार के एंजाइमों (ये कई तरह के प्रोटीन होते हैं जो खास जैविक अभिक्रियाएँ करते हैं) को डालते हैं जिनसे भोजन पचाया जाता है। आपके पाचन तंत्र के प्रत्येक भाग में एक द्वार होता है जिसे 'स्फिंक्टर' कहते हैं और जो भोजन को इस फैक्ट्री के एक खास हिस्से में प्रवेश करने देता है और उसे तब तक वहाँ रखता है जब तक कि वह आंशिक रूप से या पूर्ण रूप से पच नहीं जाता। जब भी भोजन को पचाने की मेरी बारी आती है, तो पिलोरिक स्फिंक्टर खुल जाता है - और अधपचा खाने का ढेर भीतर आ जाता है जो मेरे द्वारा संसाधित (प्रोसेस) किए जाने के लिए तैयार रहता है।

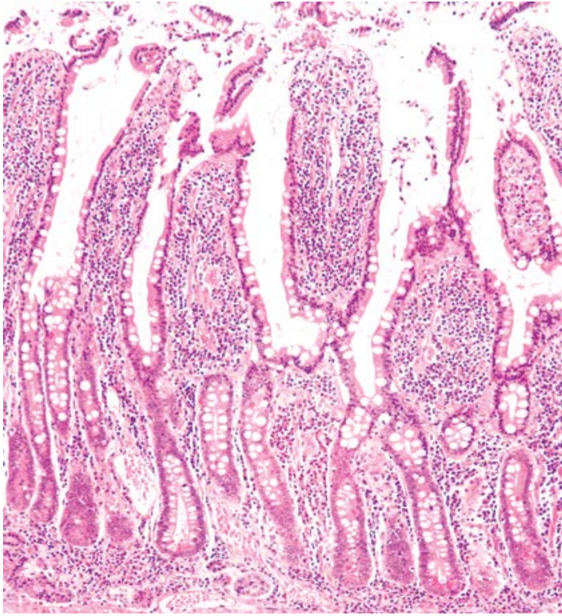


चित्र 1 : छोटी आँत की शरीर रचना (एनाटोमी)।
Source: Blausen.com staff. ÞBlausen gallery 2014ß- Wikiversity Journal of Medicine- DOI:10-15347/ wjm/2014.010. ISSN 20018762- URL: https://en.wikipedia.org/wiki/ File:Blausen_0817_SmallIntestine_Anatomy.png. License: CC-BY.

मैं दो भागों से मिलकर बनी होती हूँ - उनमें से पहला भाग 'छोटी' आँत कहलाता है क्योंकि वह संकरे और अत्यधिक टेढ़े-मेढ़े घुमावों वाला होता है। दूसरा भाग, जिसे बड़ी आँत कहते हैं, को छोटी आँत से सामग्री प्राप्त होती है और वह बिना पचे व्यर्थ पदार्थ (अर्थात मल) को एक छिद्र, जिसे गुदा कहते हैं, द्वारा शरीर से बाहर निकाल देता है। दिलचस्प बात यह है कि जहाँ बड़ी आँत केवल लगभग 4.5 फुट लम्बी होती है, वहीं छोटी आँत की लम्बाई की नाप 19 फुट होती है। हालाँकि छोटी आँत की लम्बाई एक औसत मनुष्य की लम्बाई की लगभग साढ़े तीन गुना होती है, वह इस सुघड़ता से मुड़ी हुई और पैक की गई रहती है कि वह बड़ी आँत से भी छोटी दिखती है। इस पैकिंग के पीछे जो कारण है वह मैं आपको बताती हूँ। छोटी आँत की आन्तरिक दीवारें चपटी नहीं होतीं, बल्कि वे प्लीट्स (चुन्नटों) में तह की हुई होती हैं, जैसे कि किसी धोती के सिरे की तहें की जाती हैं। इनमें से प्रत्येक प्लीट पर छोटे-छोटे हिस्से निकले रहते हैं जिन्हें 'विल्ली' कहते हैं। फिर प्रत्येक विल्ली कोशाणुओं से आच्छादित रहती है जिन पर बालों जैसी संरचनाएँ उसकी सतह को ढँके रहती हैं। इस तरह से 5.8 मीटर की छोटी आँत में लगभग 250 वर्ग मीटर की अवशोषित करने की सतह होती है। यदि छोटी आँत मुड़ी हुई नहीं होती तो यह उसकी कुल सतह के क्षेत्रफल का 7 गुना होता, और एक टेनिस कोर्ट से थोड़ा-सा ज्यादा बड़ा !

आप यह समझने की गलती कर सकते हैं कि मैं बस एक लम्बा पाइप हूँ, आखिरकार कौन ऐसा नहीं समझेगा। परन्तु, मेरे दोस्त, मुझमें जो दिखाई देता है उससे भी ज्यादा बहुत कुछ है। मेरी दीवारें मजबूत गैर-स्वैच्छिक मांसपेशियों (चिकनी, पतली मांसपेशियाँ जो स्वेच्छा से नियंत्रित नहीं की जा सकतीं, जिस तरह वे होती हैं जो आपके मूत्राशय को नियंत्रित करती हैं और आपको कक्षा के बीच में वॉशरूम की तरफ दौड़ लगाने के लिए मजबूर कर देती हैं) की बनी होती हैं जिनकी शक्तिशाली हलचलें अधपचे और पचे हुए भोजन को पूरी नलिका में से आगे ठेलती रहती हैं। शेष पाचन पथ की ही तरह मेरी दीवारों पर लाखों विशिष्ट गुणवत्ता वाले कोशाणु होते हैं जो भोजन पर पाचक ऐंजाइमों को उड़ेलते हैं। यह कहने की जरूरत नहीं कि जो भोजन आप खाते हैं वह जब आपकी गुदा तक पहुँचता है, तब तक उसमें पोषक तत्व का जरा-सा कण भी नहीं बचता, क्योंकि मैंने उसे पूरा अवशोषित कर लिया होता है।

चलिए मैं आपको विस्तारपूर्वक क्रम से ठीक-ठीक बता दूँ कि भोजन के मुझ में प्रवेश करने के बाद से ही क्या-क्या होता है। एकबारगी जब पेट बड़े प्रोटीनों को उनकी छोटी इकाइयों

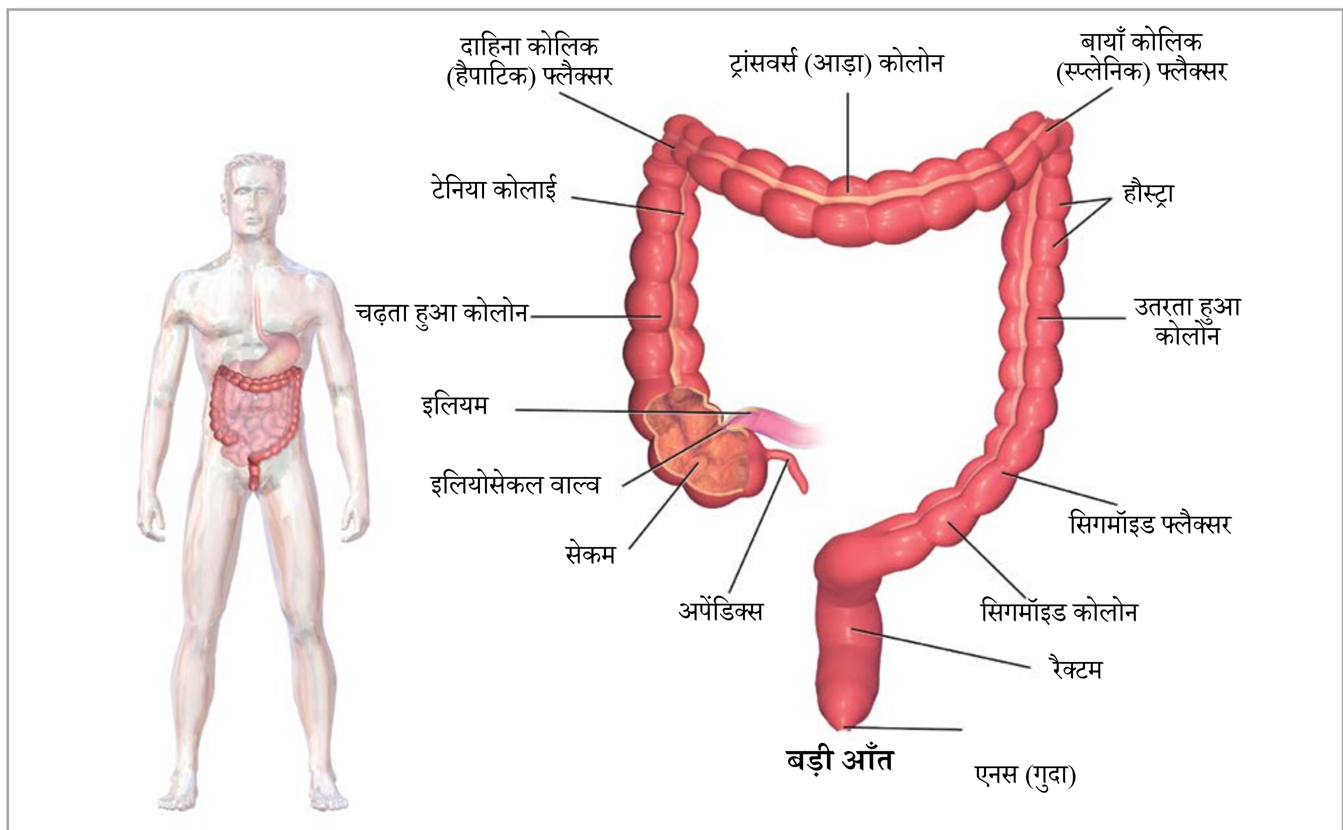


चित्र 2 : छोटी आँत के म्यूकोसा का एक माइक्रोग्राफ जो आँत की विल्ली को दर्शाता है।
Source: Nephron, Wikimedia Commons.
URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Small_intestine_low_mag.jpg.
License: CC-BY.SA-

में विखण्डित करने का अपना काम समाप्त कर लेता है, तो मैं पाचन के प्रमुख अंग की तरह आगे आती हूँ। मैं आपके शरीर का वह अकेला अंग हूँ जो पोषक तत्वों को अवशोषित कर सकता है और पीछे बचे व्यर्थ अपशिष्ट पदार्थ को बाहर निकालता है। पेट से आए भोजन को पचाने के लिए मैं आपके पैनक्रियाज के साथ काम करती हूँ। जैसा कि आप जानते हैं पैनक्रियाज शरीर का एक ऐसा अंग होता है जो बहुत विभिन्न प्रकार के ऐंजाइम उत्पादित करता है जो कि आपके शरीर के लिए नितान्त आवश्यक होते हैं। ये पैनक्रियाटिक ऐंजाइम छोटी वाहिनियों या नलियों से होकर मेरी दीवारों में प्रवेश करते हैं और पैप्टाइडों (विखण्डित या डिग्रेडेड प्रोटीनों के छोटे टुकड़ों) को तथा अमीनो अम्लों (प्रोटीनों को निर्मित करने वाली सबसे छोटी इकाइयाँ), लिपिड्स (वसा वाले खाद्य पदार्थ), और कुछ कार्बोहाइड्रेट्स (जिन्हें आम तौर पर शर्कराएँ कहा जाता है) को और बारीकी से तोड़ते हैं। हम सबसे महत्त्वपूर्ण तत्वों में से एक अन्य - पित्त को न भूलें जो मेरी दीवारों में प्रवेश करता है। पित्त वाहिनी के द्वारा उत्पादित पित्त उस भयावह रूप से तेज अम्ल को उदासीन करने में मदद करता है जिसका इस्तेमाल पेट प्रोटीनों को छोटे-छोटे पैप्टाइडों में तोड़ने के लिए करता है। पेट का अम्लांक (पीएच) तीन तक नीचे जा सकता है जो कि रेजर ब्लेडों को भी पचाने के लिए पर्याप्त शक्तिशाली होता है!

एक बार जब भोजन मेरे पहले खण्ड से गुजर जाता है, तो फिर वह बड़ी आँत (जो वास्तव में तुलनात्मक रूप से काफी छोटी होती है) में प्रवेश करता है जहाँ मैं अपशिष्ट व्यर्थ पदार्थ (जो छोटी आँत के अपना काम करने के बाद बचता है) को संचित करती हूँ, और पानी, आयनों (जैसे कि पोटेशियम), और साथ ही वहाँ अपना घर बनाए हुए कीटाणुओं द्वारा उत्पादित विटामिनों को अवशोषित करती हूँ (मैं इसके बारे में ज्यादा बात बाद में करूँगी)। जिस समय तक भोजन बड़ी आँत में पहुँचता है, तब तक मैं अधिकांश पोषक तत्वों और 90 प्रतिशत पानी को सोख चुकी होती हूँ, और पीछे कुछ इलेक्ट्रोलाइट्स जैसे कि सोडियम, मैग्नीशियम, क्लोराइड तथा अपचनीय खाद्य पदार्थ (ज्यादातर पौधों के कार्बोहाइड्रेट्स) छोड़ देती हूँ। जब भोजन गुदा की ओर नीचे सरकता है, उसका अधिकांश बचा हुआ पानी भी हटा लिया जाता है। अपशिष्ट पदार्थ को श्लेष्मा (म्यूकस) तथा कीटाणु (जिसे गट फ्लोरा के नाम से जाना जाता है) के साथ मिलाया जाता है और वह मल बन जाता है। इस तरह से मल धीरे-धीरे अधिक ठोस बन जाते हैं जिन्हें मेरी ताकतवर मांसपेशियाँ धीरे-धीरे उन्हें उनकी आखिरी मंजिल, यानी टायलेट, की ओर धकेल देती हैं।

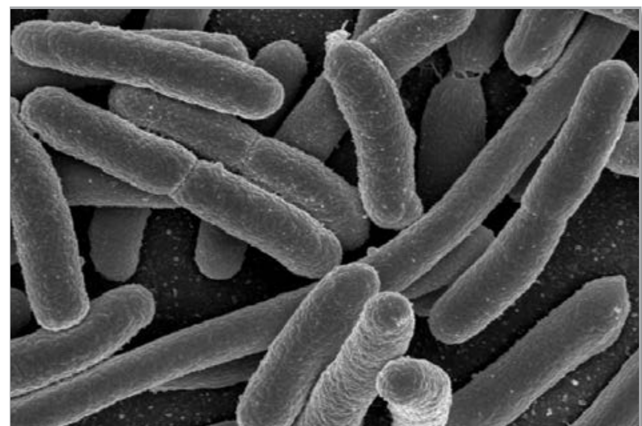
इन छोटी-मोटी चीजों के बारे में काफी बात हो चुकी जो सभी लोग स्कूल में जान चुके होते हैं। आज मैं आपको ऐसे रहस्यों से परिचित करवाऊँगी जिनको वैज्ञानिक अब समझ पा रहे हैं। क्या आप जानते हैं कि आपके शरीर की प्रत्येक मानव कोशिका, दस जीवाणु की कोशिका है! जी हाँ, यह सही है। कुछ लोगों का अनुमान है कि आपके शरीर में 4×10^{13} (अर्थात 4 के बाद 13 शून्य) से भी अधिक कीटाणु वाली कोशिकाएँ होती हैं। इनमें से कुछ कीटाणु आपकी त्वचा पर (खास तौर पर जहाँ बहुत से बाल होते हैं) और आपकी मूत्र इन्द्रिय के पथ पर रहते हैं, लेकिन, मेरे मित्र, उनमें से भी 90 प्रतिशत से भी अधिक मेरे भीतर पनपते हैं। मानव शरीर के अन्दर रहने वाली कुल कीटाणु आबादी को 'ह्यूमन माइक्रोबायोम' कहते हैं, और मनुष्य के शरीर का सबसे महत्त्वपूर्ण और सघन माइक्रोबायोम उसका 'आँत का माइक्रोबायोम' होता है। बहुत से लोग तो यहाँ तक कहते हैं कि गट माइक्रोबायोम एक भुला दिया गया अंग है, और मेरी सोच का रुख भी यही है कि वे बिलकुल ठीक कहते हैं। मेरे भीतर रहने वाली बैक्टीरिया की प्रजातियों की संख्या सिर्फ एक मानव कोशिका के भीतर के वंशाणु की संख्या के दोगुने से भी अधिक होती है। इसका मतलब है कि 50,000 से भी अधिक अलग-अलग प्रकार की कीटाणुओं की प्रजातियाँ



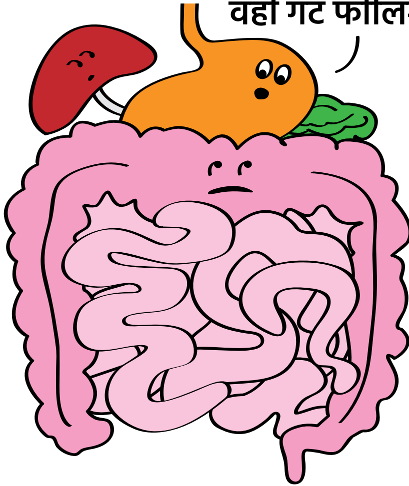
चित्र 3 : बड़ी आँत।
Source: Blausen.com staff.
ÞBlausen gallery 2014ß- Wikiversity Journal of Medicine- DOI:10.15347/wjm/2014.010. ISSN 20018762. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Blausen_0604_LargeIntestine2.png. License: CC-BY.

होती हैं, और वे सभी मेरी भीतरी सतहों पर रहती हैं।

आप पूछते हैं कि वे वहाँ क्या कर रहे होते हैं? ठीक है, मैं उन्हें वहाँ रखती हूँ क्योंकि वे आश्चर्यजनक फैक्ट्रियों की तरह काम करते हैं। कीटाणु प्रकृति के द्वारा रची गई सबसे शानदार मशीनें होती हैं, वे लगभग किसी भी चीज पर जीवित रह सकते हैं और कुछ बहुत ही दिलचस्प यौगिकों को उत्पादित और स्रावित करते हैं। मेरा माइक्रोबायोम उन एंजाइमों को पैदा करता है जो उस खाद्य पदार्थ को पचाते हैं जिसे तोड़ना खुद मेरे लिए कठिन होता है। इसके अलावा वे विटामिन-बी तथा विटामिन-के जैसे महत्वपूर्ण विटामिनों का उत्पादन भी करते हैं, जिनके बिना आपका शरीर बहुत से भयानक रोगों का शिकार हो जाएगा। हाल ही में हुए शोध ने निर्णायक रूप से सिद्ध किया है कि मेरे माइक्रोबायोटा (कीटाणुओं जैसे सूक्ष्मजीवों की आबादी) से **किसी भी** प्रकार की छेड़छाड़ करने - चाहे वह उनकी विविधता (विभिन्न प्रकारों की संख्या) को हटाना हो, या उनकी संख्या (आबादी का आकार) को कम करना हो - से मोटापा, चिन्ता की बीमारियाँ (anxiety disorders), अवसाद और यहाँ तक कि स्वलीनता (autism) जैसे रोग हो सकते हैं। लेकिन मेरा यह चेतावनी देना जरूरी है कि कभी-कभी



चित्र 4 : एस्केरिशिया कोलाई, कीटाणुओं की उन अनेक प्रजातियों में से एक है जो मनुष्य की आँत में पाई जाती हैं।
Source: Rocky Mountain Laboratories, National Institutes of Health, United States Department of Health and Human Services.
URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:EscherichiaColi_NIAID.jpg.
License: Public Domain.

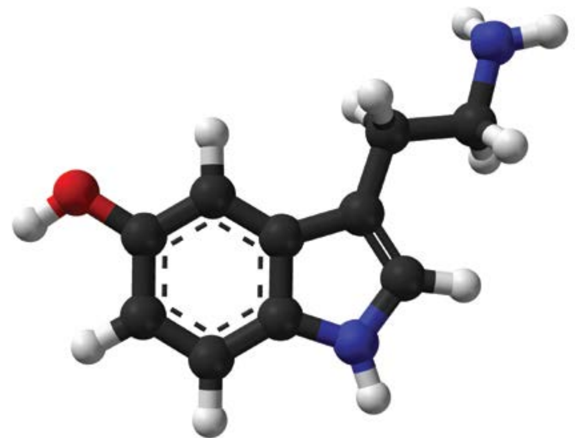


चित्र 5 : क्या आपको किसी ऐसे व्यक्ति के बारे में 'आँत की अनुभूति (gut feeling)' हुई है जिससे आप मिले हों?

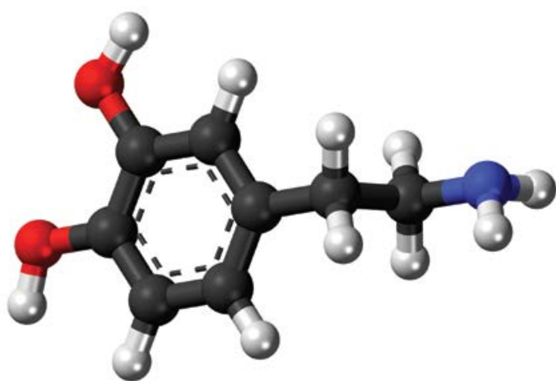
मेरे अन्दर रहने वाले कीटाणु हानिकारक भी हो सकते हैं – कीटाणुओं की विशेष प्रजातियाँ कैंसर का कारण बन सकती हैं यदि वे मेरे अन्दर विभाजित होना शुरू कर देते हैं।

यदि आपको अभी भी समझ में नहीं आया है कि मुझमें उससे कहीं ज़्यादा खूबी है जितनी दिखाई देती है, तो पूरी तरह चकित होने के लिए तैयार हो जाइए। मैं, आपकी आँत, जो आपके पेट से आपके नितम्बों तक जाने वाली एक संकरी नली जैसी हूँ, आपका दूसरा मस्तिष्क हूँ। क्या आपको किसी ऐसे व्यक्ति के बारे में कोई 'आँत की अनुभूति (gut feeling)' हुई है जिससे आप मिले हैं? या आपने 'आँत की सहज प्रज्ञा (gut instinct)' से महसूस किया है कि किसी कठिन क्विज वाली स्थिति में आपका अनुमान सही है? या आपके पेट में तब एक डूबने जैसा एहसास हुआ है जब आपको लगा हो कि कुछ अनुचित होने वाला है? यदि आप सोचते हैं कि आपका मस्तिष्क ही आपके पल भर में लिए जाने वाले त्वरित निर्णय लेता है, तो फिर से विचार करें। मैं 'एन्टरिक (जिसका मतलब है आन्तरिक)' नर्वस सिस्टम (तंत्रिका तंत्र) के माध्यम से आपके मस्तिष्क से जुड़ी रहती हूँ, और खुद एक पूरा मस्तिष्क हूँ जो आपके शरीर के खोखले भाग में छिपा हुआ है। मेरी दीवारों को करोड़ों न्यूरान आपके मस्तिष्क से जोड़े रहते हैं। मेरे तंत्रिकीय संजाल (neural networks) इतने परिष्कृत हैं कि मैं आपके मस्तिष्क के किसी नियंत्रण के बिना ही काम कर सकती हूँ और सोच सकती हूँ। मेरा यह एन्टरिक नर्वस सिस्टम न केवल यह सुनिश्चित करता है कि भोजन एक खास समय और गति से पचाया और निकाल दिया जाता है, बल्कि यह भी निर्धारित करता है कि आप कैसा अनुभव करते हैं। मैं सेरोटोनिन कहलाने वाले एक बहुत महत्त्वपूर्ण अणु को निर्मित और स्रावित करती हूँ। सेरोटोनिन एक न्यूरोट्रांसमिटर है (याद कीजिए यह मस्तिष्क द्वारा इस्तेमाल किया जाने वाला एक रसायन होता है) जो आपकी मनोदशा, भूख, नींद, याददाश्त और सीखने को नियंत्रित करता है, और आपके तापमान, सामाजिक व्यवहार तथा कामेच्छा को नियमित रखता है। सेरोटोनिन अन्य अंगों की व्यवस्थाओं, जैसे कि हृदयवाहिनी तंत्र, मांसपेशियों का तंत्र तथा हार्मोन तंत्र के कुछ हिस्सों के लिए भी महत्त्वपूर्ण होता है। मैं सेरोटोनिन के महत्त्व का बखान किए ही जा सकती हूँ। सेरोटोनिन के उपयोगों के बारे में वैज्ञानिक जितनी अधिक खोजें करते जाते हैं, उतना ही अधिक उनको लगता है कि शरीर को मस्तिष्क नहीं बल्कि मैं संचालित करती हूँ। इसका सीधा-सा कारण यह है कि आपके शरीर के लिए ज़रूरी सेरोटोनिन का 90 प्रतिशत मैं ही उत्पादित करती हूँ। इसके अलावा आपके डोपामाइन का भी 50 प्रतिशत मैं ही पैदा करती हूँ जिसके बगैर आपके मस्तिष्क के हिस्से अन्य हिस्सों से बातचीत नहीं कर सकते!

अगली बार जब आपको नींद आ रही हो, या खाने के बाद स्पष्टता पूर्वक सोच नहीं पा रहे हों, तो अपने मस्तिष्क को दोष मत देना। यह तो केवल मेरे और जिन खरबों कीटाणुओं को मैं उगाती हूँ उनके अपना कार्यभार सम्भालने के प्रयास का प्रभाव होता है! क्या आपके पेट में घबड़ाहट का एहसास (Butterflies in your stomach)? या अत्यधिक खुशी का? यह भी मैं ही हूँ! अब जब आप यह जान गए हैं, मैं निश्चिन्त हूँ



चित्र 6 : सेरोटोनिन अणु का बाल-एण्ड-स्टिक प्रतिरूप।
C10H12N2O. Source: Ben Mills, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Serotonin-Spartan-HF-based-on-xtal-3D-balls-web.png. License: Public Domain-



चित्र 7 : डोपामाइन, जो मस्तिष्क के पुरस्कार और सुख के केन्द्रों को प्रभावित करने वाला एक न्यूरोट्रांसमिटर है, के एक अणु का बाल-एण्ड-स्टिक प्रतिरूप।
Source: Jynto (talk), Wikimedia Commons.URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Dopamine_3D_ball.png. License: Public Domain-

कि आप इस बारे में थोड़ी अधिक सावधानी बरतेंगे कि आप अपने पेट में क्या डालते हैं। अच्छी गुणवत्ता वाले भोजन को सही समय पर और सही मात्राओं में खाना याद रखिए। इस सारी बातचीत से मुझे भूख लग आई है - मेरे ख्याल से आपको जाकर कुछ पिज्जा खाना चाहिए!





विग्नेश नारायण इण्डियन इंस्टीट्यूट आफ साइंस, बेंगलूरु में आणविक जीवविज्ञान के पीएच.डी. विद्यार्थी हैं। उनमें शोधकार्य तथा लोकप्रिय विज्ञान लेखन के प्रति बहुत लगाव है। उनकी विशेषज्ञता का क्षेत्र जीवविज्ञान है, और विशेष रूप से उनका जोर रोगों के आणविक जीवविज्ञान तथा सूक्ष्मजीवविज्ञान पर है। आप उनसे vigneshnarayan313@gmail.com पर सम्पर्क कर सकते हैं। **अनुवाद :** सत्येन्द्र त्रिपाठी

प्लूटो की पदावनति

रामगोपाल (रामजी) वल्लत

हमने प्लूटो के अस्तित्व का पता कैसे लगाया? हमने प्लूटो को बौने ग्रह के रूप में क्यों पुनर्वर्गीकृत किया है? हम अन्य बौने ग्रहों के बारे में क्या जानते हैं? हम यह कैसे तय करते हैं कि किसी खगोलीय पिण्ड को ग्रह के रूप में वर्गीकृत करना है या नहीं? प्लूटो की आपबीती प्लूटो से ही जानिए।

जीवन न्यायपूर्ण नहीं होता। मैं अपना जीवन शान्ति से जीता था, आप सबसे बहुत, बहुत दूर। सौर मण्डल के सबसे दूर दराज के क्षेत्र में बीत रहे मेरे जीवन में कोई उलझनें नहीं थीं। फिर एक दिन आप लोगों ने मेरी 'खोज' कर ली, और मुझे ग्रह कहलाए जाने का गौरव प्रदान किया। पर उसके बाद से आप सिलसिलेवार ढंग से मेरा अनादर कर रहे हैं - और अब तो मुझे ग्रहों की मण्डली से भी धक्के मारकर बाहर कर दिया गया है। यह सरासर अन्याय है।

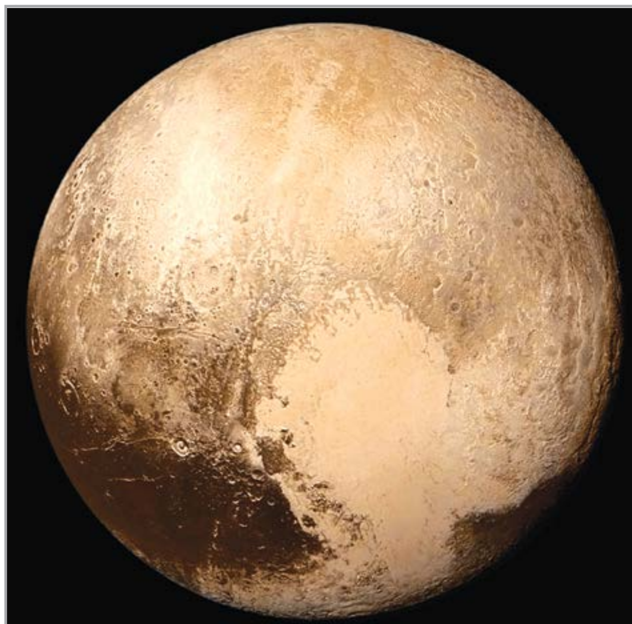
आप मनुष्यों ने काफी समय तक मेरी तलाश की और आखिरकार मुझे खोज लिया। इस सफर की शुरुआत 19वीं सदी में हुई जब आपके ग्रह के खगोल विशेषज्ञों (एस्ट्रोनोमर्स) को अरुण (यूरेनस) की कक्षा में अशान्ति का पता चला, और इस अशान्ति का एक ही कारण हो सकता था - किसी अज्ञात ग्रह द्वारा अपनी कक्षा के बाहर लगाया जाने वाला गुरुत्वाकर्षण बल। इस अज्ञात ग्रह की उन लोगों की तलाश ने उन्हें वरुण (नैप्च्यून) तक पहुँचाया। पर 19वीं सदी के बाद के वर्षों में उनके आकलनों से यह निष्कर्ष निकला कि बस वरुण के होने से ही इतनी अधिक अशान्ति नहीं हो सकती। आपके खगोल विशेषज्ञों ने अनुमान लगाया कि हो न हो, सौर मण्डल में एक और ग्रह होना चाहिए। और इस तरह, तथाकथित 'प्लैनेट एक्स' की तलाश शुरू हुई। आखिरकार, 1930 में क्लाइड टॉमबॉ ने मुझे 'खोज लिया'।

आपने अधोलोक (अन्डरवर्ल्ड) के यूनानी देवता प्लूटो के नाम पर मेरा नाम रखा। मैं बहुत खुश था कि आपने सौर मण्डल की ग्रहों वाली विशिष्ट मण्डली में मुझे तत्काल प्रवेश दे दिया था। इसमें मेरी तो गलती नहीं है कि आपने मेरा द्रव्यमान ज्यादा होने का आकलन कर लिया था! पहले तो, आपने सोचा कि मेरा द्रव्यमान आपके अपने ग्रह पृथ्वी के बराबर होगा। फिर 1948 में बेहतर गणनाओं के साथ आपने

इस द्रव्यमान को कम करते हुए लगभग मंगल के द्रव्यमान के बराबर बता दिया। फिर 1978 में, आपने मेरे उपग्रह शैरन की खोज की। शैरन की कक्षा का अध्ययन करते हुए आपने पता लगाया कि दरअसल मेरा द्रव्यमान 0.1 या 0.01 नहीं, बल्कि पृथ्वी के द्रव्यमान का केवल 0.00218 गुना है!

इतना ही नहीं। अन्तरिक्ष को समझने के आपके तरीकों में सुधार होने के बाद आपने मेरे कई साथियों को खोजना शुरू कर दिया - ऐसे आकाशीय पिण्ड जो सूर्य से लगभग उतनी ही दूर हैं जितना कि मैं। मुझे याद है कि इस तरह का पहला पिण्ड आपने 1992 में खोजा था। ये असंख्य पिण्ड (इनकी संख्या लगभग 100,000 है) जिन्हें आप कुइपर बैल्ट कहते हैं, सूर्य से 30 एयू से 50 एयू की दूरी पर उसके चक्कर लगाते हैं।

मैं इस बात से खुश था कि आपने मेरे कई साथियों की खोज कर ली थी, लेकिन यह मेरे पतन की शुरुआत थी। वैज्ञानिकों ने इस बात पर सवाल खड़े करना शुरू कर दिए कि क्या वाकई मुझे ग्रह माना जा सकता था या नहीं, जबकि मैं कई दूसरे खगोलीय पिण्डों जैसा ही दिखता था। उन्होंने बताया कि



चित्र 1 : प्लूटो - न्यू होराइजन्स - जुलाई 14, 2015। प्लूटो के नजदीकी अवलोकन (फ्लाईबाई) के द्वारा उसका अध्ययन करने के लिए शुरू की गई अन्तर्ग्रहीय अन्तरिक्ष पड़ताल, न्यू होराइजन्स से ली गई चार तस्वीरें। ये तस्वीरें उस समय ली गई जब यह अन्तरिक्ष विमान 450,000 किलोमीटर की दूरी पर था और यह 2.2 किलोमीटर की दूरी तक की विशेषताएँ दिखाता है।

Credits: Applied physics Laboratory/Southwest Research Institute, NASA/John Hopkins University. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Pluto#/media/File:Nh-pluto-in-true-color_2x_JPEG-edit-frame.jpg. License: In Public Domain.

प्लूटो के चन्द्रमा, शैरन का भार प्लूटो से आधा है। द्रव्यमान का यह ऊँचा अनुपात सौर मण्डल की ग्रह-उपग्रह व्यवस्था के लिए बहुत अनोखा है। इसके कारण, इन दो पिण्डों के द्रव्यमान का केन्द्र प्लूटो के बाहर, प्लूटो और शैरन के बीच में स्थित है। तो वास्तव में, शैरन प्लूटो का चक्कर नहीं लगाता, बल्कि प्लूटो और शैरन मिलकर उनके द्रव्यमान के साझा केन्द्र का पृथ्वी के 6.5 दिनों में एक चक्कर लगाते हैं।

0.249 कक्षीय विकेन्द्रता (ऑरबिट एक्सेंट्रिसिटी) के साथ मेरी कक्षा सभी अन्य ग्रहों की कक्षाओं से ज्यादा उत्केन्द्रित है। 17.14° के साथ मेरा झुकाव भी बाकी सबसे अधिक है। इन दोनों विशेषताओं में मैं किसी केबीओ (कुईपर बैल्ट ऑब्जैक्ट्स - कुइपर घेरे के पिण्ड) जैसा अधिक हूँ। और इस तरह मेरे अपमान की एक नई शृंखला शुरू हो गई - खगोल विशेषज्ञों और ताराघरों ने मुझे ग्रहों की सूची से बाहर करना शुरू कर दिया!

मेरे ताबूत में आखिरी कील तब ठुकी जब मेरी चचेरी बहन ऐरिस की खोज हुई। उसकी कक्षीय विकेन्द्रता मुझसे भी कहीं अधिक है। उसकी कक्षीय विकेन्द्रता 0.44 है। (वह अपनी हर परिक्रमा में काफी सफर तय करती है, सूर्य से 97 एयू तक दूर चली जाती है, और 38 एयू तक पास आ जाती है - जो कभी-कभी मेरी कक्षा से भी ज्यादा पास हो जाता है)। पर बुरी बात यह है कि हालाँकि वह मुझसे आकार में थोड़ी छोटी है, पर उसका द्रव्यमान मुझसे 27% अधिक है।

मेरे से मिलते-जुलते आकार के दो और पिण्डों, सैडना और क्वारार, की खोज ने खगोल विशेषज्ञों को मजबूर कर दिया कि या तो वे इन सब को भी ग्रह कहें या फिर मेरी पदावनति कर दें। बस फैसले की घड़ी आ चुकी थी। आपने मुझे दण्डित किए जाने की माँग शुरू कर दी।

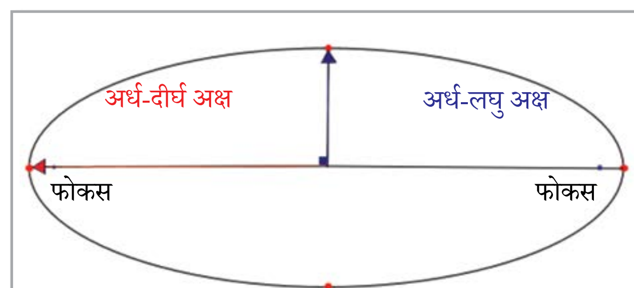
आखिरकार, 24 अगस्त, 2006 को हुई अन्तर्राष्ट्रीय खगोलीय संघ (इंटरनैशनल एस्ट्रोनॉमिकल यूनियन - आईएयू) की मीटिंग में सभा ने मुझे बौने ग्रह के रूप में पुनर्वर्गीकृत करने का निर्णय

एयू (खगोलीय इकाई - एस्ट्रोनोमिकल यूनिट) दूरी की इकाई है और इसे मोटे तौर पर सूर्य से पृथ्वी की औसत दूरी के रूप में परिभाषित किया जाता है। अब, एयू को ठीक 149,597,870,700 मीटर या लगभग 15 करोड़ किलोमीटर का मान दे दिया गया है।



चित्र 2 : प्लूटो, प्लूटॉइड और कुइपर बैल्ट।

Source: NASA (NASA.gov) URL:https://i.ytimg.com/vi/2kNZ6bbHunU/maxresdefault.jpg. License: CC-BY-NC



चित्र 3 : एक कक्षा के दीर्घ अक्ष (मेजर ऐक्सिस) और लघु अक्ष (माइनर ऐक्सिस)।

Credits: Sae1962, Wikimedia Commons. URL:https://en.wikipedia.org/wiki/Semi-maor_axis#/media/File:An_image_describing_the_semi-major_and_sami-minor_axis_of_ellipse.svg. License: CC-BY-SA.

लिया। मैं आपको यह बताऊँ, इस फैसले से मैं बिलकुल टूट गया था। आईएयू के लोगों ने सौर मण्डल के विभिन्न पिण्डों को परिभाषित करने के लिए कई नए मानदण्ड भी तैयार किए जिनके कारण ग्रहों की मण्डली में मेरे फिर से दाखिल होने की गुंजाइश काफी कम दिखती है। ये मानदण्ड इस प्रकार हैं :

1. ग्रह एक ऐसा खगोलीय पिण्ड होता है जो (अ) सूर्य के चक्कर लगाता है, (ब) उसका द्रव्यमान इतना हो कि उसका अपना गुरुत्वाकर्षण दृढ़ पिण्डों के बल पर काबू पा सके ताकि वह द्रवस्थैतिक (हाइड्रोस्टेटिक) सन्तुलन (लगभग गोल आकार) प्राप्त कर सके, और (स) उसने अपनी कक्षा के आसपास के हिस्से को साफ कर दिया हो।
2. 'बौना ग्रह' वह खगोलीय पिण्ड है जो (अ) सूर्य के चक्कर लगाता हो, (ब) उसका द्रव्यमान इतना हो कि उसका अपना गुरुत्वाकर्षण दृढ़ पिण्डों के बल पर काबू पा सके ताकि वह द्रवस्थैतिक सन्तुलन (लगभग गोल आकार) प्राप्त कर सके, (स) उसने अपनी कक्षा के आसपास के हिस्से को साफ नहीं किया हो, और (द) वह कोई उपग्रह न हो।
3. सूर्य का चक्कर लगाते अन्य सभी पिण्डों को सामूहिक रूप से 'सौर मण्डल के छोटे पिण्ड' कहा जाएगा।

जैसा कि आप देख सकते हैं, बिलकुल स्पष्ट है कि मैं तीसरी श्रेणी में नहीं आता। दुर्भाग्यवश, मैं बहुत ही भरे-पूरे इलाके में पैदा हुआ, जहाँ मेरे इर्द-गिर्द दसियों हजार अन्य पिण्ड थे। तो भले ही मैं सूर्य के चक्कर लगाने के मानदण्ड को पूरा करता हूँ,

अर्ध दीर्घ अक्ष (Semi Major Axis), अपसौर (Aphelion), उपसौर (Perihelion), कक्षीय विकेन्द्रता (Eccentricity) और कक्षीय झुकाव (Inclination)

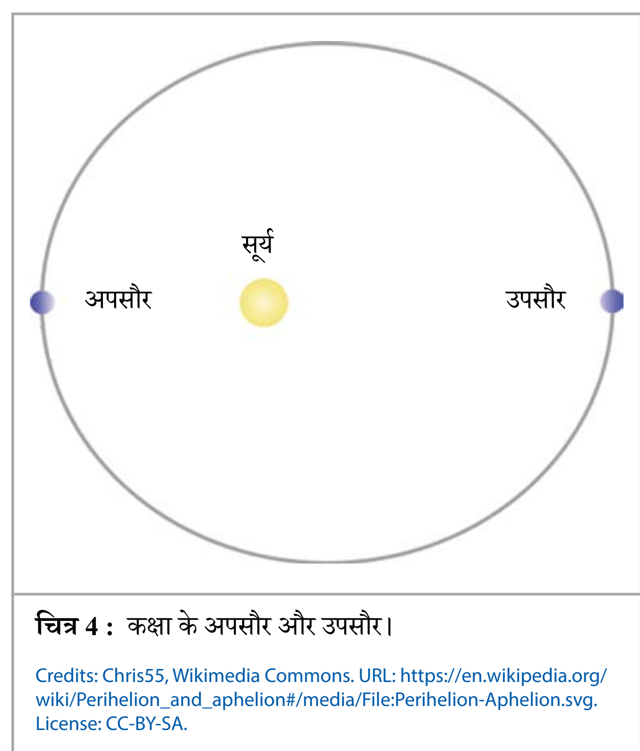
ग्रह (और बौने ग्रह/धूमकेतु) अण्डाकार कक्षा में सूर्य का चक्कर लगाते हैं। कक्षा का दीर्घ अक्ष, दीर्घवृत्त (elliptical) का सबसे लम्बा व्यास होता है। इसके आधे हिस्से को अर्ध दीर्घ अक्ष कहा जाता है। सूर्य से कक्षा पर सबसे दूर स्थित बिन्दु की दूरी को अपसौर कहा जाता है। और सूर्य से कक्षा पर सबसे पास स्थित बिन्दु की दूरी को उपसौर कहा जाता है। कक्षीय विकेन्द्रता वह मापदण्ड है जिसके द्वारा यह पता चलता है कि कोई दीर्घवृत्त आखिर कितना 'दबा हुआ या चपटा' है। जब दीर्घवृत्त बिलकुल भी 'चपटा' न हो तो वह वृत्त होता है और उसकी कक्षीय विकेन्द्रता 0 होती है। दीर्घवृत्त की कक्षीय विकेन्द्रता 0 से लेकर 1 तक होती है। किसी ग्रह (या बौने ग्रह/धूमकेतु) के कक्षीय झुकाव को उसके कक्षीय तल तथा पृथ्वी के कक्षीय तल के बीच के कोण के रूप में परिभाषित किया जाता है।

तालिका 1 : कुछ खगोलीय पिण्डों की सूर्य से दूरी, कक्षीय विकेन्द्रता और कक्षीय झुकाव

खगोलीय पिण्ड	सूर्य से न्यूनतम दूरी (उपसौर) (एयू)	सूर्य से अधिकतम दूरी (अपसौर) (एयू)	कक्षीय विकेन्द्रता	कक्षीय झुकाव (डिग्री)
बुध	0.307	0.466	0.205	7.005
शुक्र	0.718	0.728	0.007	3.394
पृथ्वी	0.983	1.016	0.017	0.000
मंगल	1.381	1.666	0.093	1.851
बृहस्पति	4.950	5.454	0.048	1.305
शनि	9.024	10.086	0.054	2.484
अरुण	18.33	20.11	0.047	0.770
वरुण	29.81	30.33	0.008	1.769
प्लूटो	29.66	49.32	0.249	17.14
एरिस	37.91	97.65	0.440	44.04

Source: Wikipedia, individual pages of each planet/dwarf planet.

और मेरा द्रव्यमान इतना है कि मेरा अपना गुरुत्वाकर्षण दृढ़ पिण्डों के बल पर काबू पा सकता है और इससे मुझे तकरीबन



चित्र 4 : कक्षा के अपसौर और उपसौर।

गोल आकार मिल जाता है, लेकिन मैं अपने आसपास के इलाके की सफाई नहीं कर पाया हूँ। इसलिए, 24 अगस्त 2006 को मुझे ग्रहों की मण्डली से तुरन्त बाहर का रास्ता दिखा दिया गया।

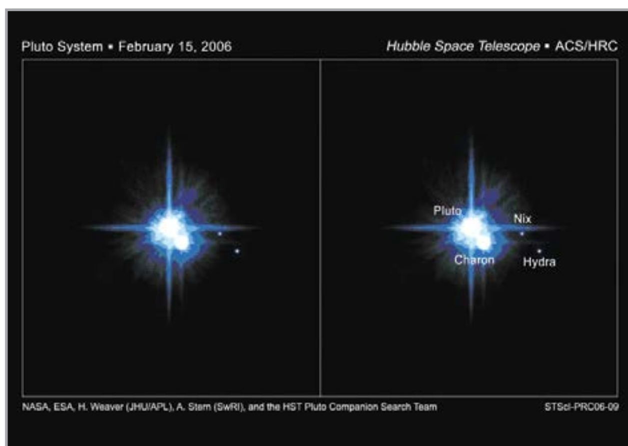
लेकिन मुझे आपके ग्रह के गैर-खगोल विशेषज्ञ लोगों द्वारा मेरी अवनति को लेकर मचाए जा रहे जबरदस्त हो-हल्ले (कम से कम सात लोकप्रिय गाने मेरे इस अपमान का दुखड़ा रोते हैं) से कुछ आशा जागती है। इस हो-हल्ले ने निरंकुश और स्वेच्छाचारी खगोल विशेषज्ञों को मजबूर कर दिया कि वे कुछ रियायतें दें। उन्होंने खगोलीय पिण्डों की एक अलग श्रेणी बना दी और मेरे सम्मान में उसका नाम प्लूटॉइड रख दिया।

प्लूटॉइड ऐसे खगोलीय पिण्ड हैं जो नैप्च्यून से ज्यादा बड़े अर्ध-दीर्घ अक्ष पर सूर्य का चक्कर लगाते हैं, इनका द्रव्यमान इतना होता है कि इनका अपना गुरुत्वाकर्षण दृढ़ पिण्डों के बल पर काबू पा सकता है, और ये एक द्रवस्थैतिक सन्तुलन (तकरीबन गोल आकार) प्राप्त कर लेते हैं, लेकिन अपनी कक्षा के आसपास के इलाके को साफ नहीं कर पाते।

तो क्या हुआ अगर मैं ग्रह नहीं हूँ? जिस ग्रह को आप अपना घर कहते हैं उसे ही देख लें, वह ग्रहों की उस मण्डली का सदस्य

अतिरिक्त स्रोत :
न्यू होराइजन मिशन के पृष्ठ पर दी गई मल्टीमीडिया लिंक (http://pluto.jhuapl.edu/) पर जा सकते हैं। वहाँ प्लूटो पर कई रंग-बिरंगे स्रोत दिए गए हैं।
न्यू होराइजन मिशन के पृष्ठ पर दी गई इस लिंक, (http://pluto.jhuapl.edu/Participate/teach/Activities.php) पर स्कूली विद्यार्थियों के लिए कई पाठ योजनाएँ और कक्षा गतिविधियाँ दी गई हैं। यह शिक्षकों के लिए एक उपयोगी स्रोत है।

तो है, जहाँ बृहस्पति और शनि जैसे भारी-भरकम ग्रह हैं लेकिन उनके सामने वह एक मामूली बिन्दु से ज्यादा और कुछ नहीं दिखता। इसके विपरीत मेरी हैसियत तो कुइपर घेरे के पिण्डों (केबीओ) के बीच राजा के जैसी है, और मेरे नाम पर खगोलीय पिण्डों के एक समूह का नाम तक है। मैं चाहता हूँ कि आप लोग एक बात याद रखें - अब से लगभग 400 करोड़ साल बाद सूर्य का ईंधन समाप्त हो जाएगा, उसकी तमाम हाइड्रोजन जलकर हीलियम बन चुकेगी। ऐसा हो जाने के बाद, सूर्य का बाहरी खोल और बाहर की तरफ फैलेगा और वह एक लाल दानव तारे में परिवर्तित हो जाएगा। बुध, शुक्र और सम्भवतः आपकी पृथ्वी को यह दानव निगल लेगा। दूसरी तरफ, इस विनाश से बहुत दूर, केबीओ का निर्विवाद राजा बना रहकर, मैं बचा रहूँगा।



चित्र 5 : प्लूटो के अन्य साथी - निक्स और हाएड्रा। हम उन्हें प्रत्यक्ष तरंगदैर्ध्य (वेवलैंग्थ) पर देख सकते हैं क्योंकि वे सूर्य से अपनी असाधारण दूरी के बावजूद सूर्य की रोशनी को परावर्तित करते हैं जो इस बात का संकेत है कि उनकी सतह बर्फीली और चमकदार हो सकती है। स्रोत : हबल अन्तरिक्ष दूरदर्शी



चित्र 6 : प्लूटो के दो और साथियों, पी4 और पी5 (जिन्हें बाद में केरबेरस और स्टिक्स नाम दिए गए) को 2010 में खोजा गया। हम उन्हें भी प्रत्यक्ष तरंगदैर्ध्य पर देख सकते हैं क्योंकि वे सूर्य से अपनी असाधारण दूरी के बावजूद सूर्य की रोशनी को परावर्तित करते हैं जो इस बात का संकेत है कि उनकी सतह बर्फीली और चमकदार हो सकती है। स्रोत : हबल अन्तरिक्ष दूरदर्शी

References

1. Pluto. (2016, February 22). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 15:05, February 23, 2016, from: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Pluto&oldid=706223881
2. Plutoid. (2016, January 7). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 15:07, February 23, 2016, from: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Plutoid&oldid=698715537
3. IAU definition of planet. (2016, January 28). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 15:07, February 23, 2016, from: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=IAU_definition_of_planet&oldid=702140377
4. Kuiper belt. (2016, February 20). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 15:07, February 23, 2016, from: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Kuiper_belt&oldid=705900423
5. Eris (dwarf planet). (2016, February 22). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 15:07, February 23, 2016, from: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Eris_(dwarf_planet)&oldid=706333070



रामगोपाल (रामजी) वल्लत एक लोकप्रिय लेखक और प्रेरणादायी वक्ता हैं। वे मजेदार और हास्य से भरी विज्ञान कथा पुस्तक, 'ऊप्स द माइटी गर्गल' के लेखक हैं। हाईस्कूलों और कालेजों के विद्यार्थियों तथा कार्पोरेट जगत में काम करने वाले कर्मचारियों को प्रेरणादायी भाषण देने के अलावा, रामजी का समय गुजारने का सबसे पसन्दीदा तरीका है मिडिल स्कूल के विद्यार्थियों के लिए विज्ञान की कार्यशालाएँ आयोजित करना। उनकी पब्लिक प्रोफाइल है www.ramgvallath.com , ट्विटर आईडी है @ramgvallath और ईमेल आईडी है ramgopal.vallath@gmail.com । **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी

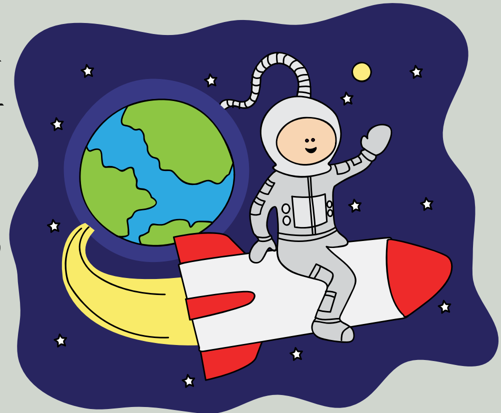
ठोस जमी हुई गैसें और धातुओं की वाष्प

विग्नेश नारायण

अन्तरिक्ष के अनेक आश्चर्यों में ग्रह भी शामिल हैं। वे सभी आकारों तथा रंगों के होते हैं, और सबसे ज्यादा चौंकाने वाली बात है कि वे सभी प्रकार के रसायनों से भी निर्मित होते हैं। अक्सर ग्रहों के तापमानों, गुरुत्वाकर्षण बलों तथा वेगों के मान चरम सीमाओं वाले होते हैं जिनके कारण उनके रसायन ऐसे तरीकों से व्यवहार करते हैं जो हमें पृथ्वी पर बिरले ही दिखाई देते हैं।

नासा के न्यू होराइजन अन्तरिक्ष यान ने, अन्तरिक्ष में 9 साल की यात्रा के बाद, बौने ग्रह, प्लूटो, की सबसे पहली बार ली गई तस्वीरों को 2015 में प्रदर्शित किया। ये तस्वीरें दर्शाती हैं कि प्लूटो के 'हृदय स्थल' से निकलने वाले, जमी हुई नाइट्रोजन की बर्फ के चिकने मैदान कई किलोमीटर ऊँचे पर्वतों से जाकर मिलते हैं। ये पर्वत वास्तव में विशालकाय आइसबर्ग हैं जो स्वयं तो विश्राम की अवस्था में हैं पर वे उनके नीचे की ठोस नाइट्रोजन की परतों पर से फिसलते हुए गति करते हैं।

सूर्य के और निकट जाने पर, बुध ग्रह की सतह के ऊपर वास्तव में सोडियम और पोटेशियम धातुओं की वाष्पों की पतली परतें मौजूद हैं। बृहस्पति, जिसे एक विराट गैस पिण्ड के रूप में जाना जाता है, की कोई सतह ही नहीं होती! इस ग्रह के ऊपरी चौथाई भाग को इतने अधिक तापमानों और दबावों का सामना करना पड़ता है कि हाइड्रोजन के परमाणुओं से उनके इलेक्ट्रॉन छिन जाते हैं और वह द्रव धातु में परिवर्तित हो जाती है। जो बात बृहस्पति के वातावरण को और भी दिलचस्प बनाती है, वह अमोनिया तथा हाइड्रोजनसल्फाइड के क्रिस्टलों की एक परत होती है जो नीचे पानी की बर्फ और ऊपर अमोनिया की बर्फ की तहों के बीच में सैंडविच की तरह दबी रहती है। अरुण (यूरेनस) तथा वरुण (नेप्च्यून) ग्रहों पर क्रिस्टल रूप में मीथेन के बादल छाए रहते हैं। चूँकि मीथेन नीले रंग को छोड़कर शेष सभी तरंगदैर्ध्यों (वेवलैंग्थ) के प्रकाश को सोख लेती है, इसलिए ये दोनों ग्रह नीले रंग के दिखाई देते हैं, जब उन्हें खोजी उपकरणों (स्पेस प्रोबों) तथा टेलिस्कोपों के द्वारा देखा जाता है।



सौर मण्डल के किन्हीं भी अन्य ग्रहों या चन्द्रमाओं पर उस तरह का वातावरण नहीं है जैसा कि पृथ्वी पर है। इसका मतलब यह है कि यदि मनुष्य दूसरे ग्रहों की यात्रा पर जाएँगे तो उन्हें जीवित रहने के लिए अपना खुद का वायुमण्डल साथ में ले जाना पड़ेगा!



विग्नेश नारायण इण्डियन इंस्टीट्यूट आफ साइंस, बेंगलूरु में आणविक जीवविज्ञान के पीएच.डी. विद्यार्थी हैं। उनमें शोधकार्य तथा लोकप्रिय विज्ञान लेखन के प्रति बहुत लगाव है। उनकी विशेषज्ञता का क्षेत्र जीवविज्ञान है, और विशेष रूप से उनका जोर रोगों के आणविक जीवविज्ञान तथा सूक्ष्मजीवविज्ञान पर है। आप उनसे vigneshnarayan313@gmail.com पर सम्पर्क कर सकते हैं। **अनुवाद :** सत्येन्द्र त्रिपाठी

साक्षात्कार

लोलितिका मण्डल के साथ



लोलितिका मण्डल राष्ट्रीय विज्ञान शिक्षा और अनुसंधान संस्थान मोहाली (आईआईएसईआर) में सहायक प्राध्यापक हैं। उनके शोधकार्य ने इस बात की वैश्विक समझ निर्मित करने में योगदान दिया है कि रक्त कोशिकाएँ (ब्लड सैल्स) किस तरह विकसित होती हैं। इस बातचीत में, वे एक वैज्ञानिक के जीवन के उनके अनुभवों तथा अन्तर्दृष्टियों को हमारे साथ साझा कर रही हैं।

हमें अपने वर्तमान कार्य के बारे में कुछ बताइए।

हमारी दिलचस्पी यह जानने में है कि रक्त कोशिकाएँ (haematopoiesis) कैसे विकसित होती हैं। यह करने के लिए, हम फलों की मक्खी (fruitfly - *Drosophila*) को एक परीक्षण प्रतिरूप की तरह इस्तेमाल करते हैं। फलों की मक्खी एक छोटा-सा कीट (एक पूर्ण विकसित वयस्क आकार केवल कुछ मिलीमीटर का होता है) होती है जो किसी बहुत ज्यादा पके हुए या सड़ रहे फल के आसपास इकट्ठी हो जाती है।

आप उलझन में पड़ सकते हैं कि हम अपने अध्ययनों के लिए एक कीट का उपयोग क्यों करते हैं – क्योंकि कीटों में तो उस तरह का रक्त नहीं होता जैसा हम लोगों में होता है। कीटों में रक्त के निर्माण के बारे में हम जो भी जानेंगे वह मनुष्यों के लिए प्रासंगिक कैसे हो सकता है? पर जैसा कि हम जानते हैं, फलों की मक्खियों (और सभी अन्य कीटों) में एक द्रव (जिसे haemolymph कहते हैं)होता है जो बहुत कुछ रक्त के जैसा होता है। वह कीट के पूरे शरीर के भीतर प्रवाहित होता है, उसके शरीर के सभी ऊतकों के सम्पर्क में बना रहता है, और वह ऐसी कोशिकाओं से मिलकर बना होता है जो हमारी रक्त कोशिकाओं से बहुत मिलती-जुलती हैं। इसके अलावा, इन दोनों द्रवों में मौजूद कोशिका बहुत कुछ एक जैसे तरीकों से विकसित होती हैं!

किन्तु, आप पूछ सकते हैं, कि सीधे मनुष्यों में ही उनके रक्त के विकास का अध्ययन क्यों नहीं किया जाता? दरअसल मनुष्यों के शरीर के रक्त में मौजूद कोशिकाओं की आयु बहुत छोटी होती है। वे कुछ विशेष कोशिकाओं, जिन्हें हैमाटोपोएटिक स्टैम सैल्स कहते हैं, के विभाजन के द्वारा उत्पादित जाती हैं और निरन्तर उनकी फिर से पूर्ति की जाती रहती है। वे विशेष स्टैम सैल्स शरीर के भीतर जहाँ स्थित होती हैं, उस जगह को 'नीश (खास जगह)' कहा जाता है। पता यह चलता है, कि इन स्टैम कोशिकाओं के व्यवहार में इस नीश की एक महत्त्वपूर्ण भूमिका होती है। न केवल वह इसको प्रभावित करती है कि ये स्टैम कोशिका कितनी जल्दी-जल्दी विभाजित होती है, बल्कि इसको भी कि वे अपनी 'स्टैमनैस' को बनाए रखती हैं या नहीं -यह उनमें अन्तर्निहित एक ऐसा गुण होता है जो उन्हें स्वयं कम विशेषता वाला बनाए रखता है। हम जो प्रश्न पूछ रहे हैं, वे हैं : नीश से मिलने वाले वे कौन-से संकेत हैं जो स्टैम कोशिकाओं को विभाजित होने का निर्देश देते हैं? नीश इस 'स्टैमनैस' को कैसे प्रभावित करती है? परिपक्वता के संकेतों (जो पूर्ण रूप से विशेषज्ञता प्राप्त, संचारित होने वाली रक्त कोशिकाओं के निर्माण को निर्देशित करते हैं) को नीश की स्टैम कोशिकाओं से, स्वयं नीश के द्वारा, किस तरह से दूर रखा जाता है?

मनुष्य में हैमाटोपोएटिक स्टैम कोशिकाओं की नीश हड्डियों की मज्जा (बोन मैरो) होती है। हड्डियों की मज्जा हमारी कुछ हड्डियों, जैसे कि कूल्हे और जाँघों की हड्डियों, के भीतर बीच का स्पंजी भाग होता है। मज्जाओं के भीतर की नीश में

> "मेरे पेशेवर कार्य ने मुझे तार्किक, ध्यान केन्द्रित करने वाला और किसी हद तक दार्शनिक व्यक्ति होना सिखाया है, और जब मैं एक लम्बे दिन के काम के बाद अपने बच्चों के साथ तमाम तरह के काम करती हूँ तो वह मुझे फिर से जीवन्त बना देता है!"

हैमाटोपोएटिक स्टैम कोशिकाओं का अध्ययन करना आसान नहीं है। इसके विपरीत, मक्खियों में स्टैम कोशिका उनकी लसीका ग्रन्थियों (लिम्फ ग्लैंड्स - रक्त के निर्माण का अंग) में पाई जाती हैं। इस प्रकार, यह जानते हुए कि मक्खियों में रक्त के विकास की प्रक्रिया बहुत कुछ मनुष्यों के समान ही होती है, हमारे कौतुहल को पैदा करने वाले ऊपर उठाए गए सवालों की छानबीन करने के लिए *ड्रोसोफिला* मक्खियाँ एक आकर्षक प्रतिरूप बन जाती हैं।

आपके लिए एक सामान्य कार्यदिवस किस प्रकार का होता है?

दिन के शुरुआती घण्टों का उपयोग मैं अपने डाक्टरेट करने वाले विद्यार्थियों के साथ करती हूँ। हम उन प्रयोगों पर चर्चा करते हैं जो उन्होंने पिछले दिन किए होते हैं। हम ऐसी किन्ही भी बाधाओं की पड़ताल करते हैं जिनका समाधान करने की जरूरत होती है। हम सप्ताह में एक दिन व्यक्तिगत परियोजनाओं पर अधिक विस्तृत चर्चाओं और गहन विचार-विमर्श के लिए भी मिलते हैं।

आईआईएसईआर तंत्र के संस्थानों में से एक ऐसे संस्थान का हिस्सा होने के कारण जहाँ बी.एससी. और एम.एससी. के एकीकृत पाठ्यक्रमों की पढ़ाई भी होती है, मैं प्रतिदिन डेढ़ घण्टे का समय किसी कक्षा को पढ़ाने या उसके लिए तैयारी करने पर लगाती हूँ।

आपके विचार में एक जीववैज्ञानिक होने के सबसे अधिक सन्तोषजनक तथा सबसे अधिक हताशाजनक पहलू क्या हैं?

सबसे अधिक सन्तोष और प्रतिफल देने वाला पहलू यह है कि मुझे ऐसे प्राकृतिक क्रियाकलापों का रहस्य उजागर करने का अवसर मिलता है जिन्हें प्रकृति हमसे छिपाती रही है। एक महान जीववैज्ञानिक ई. ओ. विल्सन के शब्दों में, "हमारे आश्चर्य की अनुभूति बहुगुणी होकर बढ़ती ही जाती है, जितना अधिक ज्ञान होता है, रहस्य भी उतना ही अधिक गहरा होता जाता है।"

मेरे काम के दो पहलू ऐसे हैं जो मुझे किसी हद तक परेशान करते हैं। अपने कार्य को प्रकाशित करवाने की प्रक्रिया बहुत कुण्ठा पैदा करने वाली हो सकती है। खास तौर पर जब आप अपने काम को, अपने क्षेत्र के सहकर्मियों की समीक्षा (जिस प्रक्रिया में संसार में कहीं भी कार्यरत आपके क्षेत्र के वैज्ञानिक आपके शोधपत्र की पड़ताल करते हैं) के बगैर ही, एक अकादमिक जर्नल से दूसरे को टालने के अन्दाज में हस्तान्तरित किया जाता देखते हैं। शोधकार्य में दूसरी बड़ी बाधा अपने कार्य के लिए आवश्यक धनराशि प्राप्त करना है। यह न केवल प्रत्यक्ष रूप से आपके शोधकार्य की गुणवत्ता को प्रभावित करती है, बल्कि वैज्ञानिक प्रगति की दृष्टि से आपकी गति को भी धीमा कर देती है।

समाज के लिए आपके कार्य के कुछ सबसे महत्त्वपूर्ण लाभ क्या हैं?

जैसा कि मैंने पहले उल्लेख किया है, हमारे शरीर में रक्त कोशिका जिस तरह निर्मित होती हैं - कोशिकाओं के निर्माण की प्रक्रिया के विभिन्न चरणों तथा उसमें महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाने वाले संकेतक अणुओं, दोनों ही दृष्टियों से - वह फलों की मक्खियों से बहुत मिलती-जुलती है।

हाल ही में, मेरे कार्यदल ने फलों की मक्खियों के प्रतिरूप तंत्र में हैमाटोपोएसिस के 'केन्द्रीय स्थलों(हब्स)' की पहचान की है। ये स्थान रीढ़ की हड्डी की मज्जा (वर्टीब्रेट बोन मैरो) के सरलीकृत प्रतिरूपों जैसे होते हैं। हम आशा करते हैं कि यह खोज, रक्त की कोशिकाओं के सामान्य विकास से असामान्य विकास को अलग करने के लिए, *ड्रोसोफिला* हैमाटोपोएसिस को एक अधिक आसान और आनुवांशिकी की दृष्टि से परीक्षणीय प्रतिरूप की तरह स्थापित कर देगी। यह भविष्य के लिए अनन्त सम्भावनाओं के द्वार खोल देगा। फलों की मक्खी की हैमाटोपोएसिस के प्रतिरूप का उपयोग न केवल रक्त की स्टैम कोशिकाओं के निर्माण से सम्बन्धित सवालों के उत्तर खोजने के लिए, बल्कि उनके एक जगह से दूसरी जगह जाने, और रोगों से प्रतिरक्षा में उनकी भूमिका, घावों के भरने, उम्र के बढ़ने, इत्यादि से जुड़े सवालों के भी उत्तर देने के लिए किया जा सकता है।

आपकी निजी और पेशेवर जिन्दगियाँ एक-दूसरे को किस तरह प्रभावित करती हैं?

मैंने हमेशा अपने निजी तथा पेशेवर जीवन को सन्तुलित बनाए रखने का प्रयास किया है। जहाँ एक ओर मेरे पेशेवर कार्य ने मुझे तार्किक, ध्यान केन्द्रित करने वाली और किसी हद तक दार्शनिक व्यक्ति होना सिखाया है, वहीं दूसरी ओर जब मैं एक लम्बे दिन के काम के बाद अपने बच्चों के साथ तमाम तरह के



चित्र 1 : फलों की मक्खी में हैमाटोपोएसिस के केन्द्रीय स्थल। ये रीढ़ की हड्डी की मज्जा (वर्टीब्रेट बोन मैरो) का सरलतम प्रतिरूप हैं। हैमाटोपोएटिक केन्द्रीय स्थलों (हरे रंग से दिखाए गए), जिनमें हैमोसाइट्स के अलग-अलग गुच्छे निहित होते है, में अग्रगामी (प्रोजैनिटर) और अलग-अलग की गई रक्त कोशिका होती हैं। इस चित्र में उन्हें मक्खी के हृदय की मांसपेशियों (लाल रंग से दिखाई गई) के साथ कसकर जुड़ा हुआ देखा जा सकता है।

काम करती हूँ तो वह मुझे फिर से जीवन्त बना देता है!

विज्ञान में आपकी रुचि को किस चीज ने जगाया?

मुझे ऐसे किसी विशेष समय की तो याद नहीं है जब मैं वैज्ञानिक बनने के निर्णय पर पहुँची। प्राकृतिक संसार के बारे में मैं हमेशा से जिज्ञासु रही हूँ। मुझे याद है कि मैं जब बच्ची थी, तब जाड़ों और गर्मियों की छुट्टियों में बहुत-सी आनन्द भरी दुपहरियों को तमाम तरह के कीटों का पीछा करते हुए या चिड़ियों को देखते हुए बिताती थी, जबकि मेरी माँ और दादी गहरी नींद में होती थीं। विज्ञान के प्रति प्रेम की वजह से मैंने शोधकार्य पर इतना अधिक ध्यान केन्द्रित किया है कि मैंने कार्यक्षेत्र के रूप में किसी अन्य विकल्प के बारे में कभी सोचा ही नहीं।

बहुत से लोगों ने उस दौर में विज्ञान में मेरी रुचि को पोषित किया है। मेरे माता-पिता मेरी सहायता के लिए हमेशा तत्पर रहे हैं, और उन्होंने मुझे अपने मार्ग पर बढ़ने में मेरी मदद की है। मेरे पिता मेरे आदर्श थे। हालाँकि वे बहुत व्यस्त शल्यचिकित्सक थे, परन्तु शोधकार्य के प्रति उन्हें बेहद लगाव था। वे मेरे पहले मार्गदर्शक थे और उनके साथ बातचीत और निरन्तर सम्पर्क ने विज्ञान के प्रति मेरे कौतुहल को उकसाया। वास्तव में उन्होंने ही मुझे विज्ञान में डाक्टरेट करने के लिए प्रेरित किया। मेरे पति और भाई ने इन सारे वर्षों के मेरे काम को आनन्दपूर्ण बनाने में सहायता की है, और वे अभी भी मुझे आगे बढ़ने के लिए प्रेरित करते रहते हैं।

स्कूल में मेरे विज्ञान के शिक्षकों ने हमेशा मुझको सवाल पूछने के लिए प्रोत्साहित किया, हालाँकि मैं अक्सर इस अवसर का उपयोग अपनी अन्तहीन जिज्ञासा के कारण उनको अपने सवालों से परेशान करने के लिए करती थी। 'इंटरनैट के पहले के' उन दिनों में हम अपने मार्गदर्शन के लिए लगभग पूरी तरह से अपने शिक्षकों और माता-पिता पर निर्भर रहते थे। लेकिन, एक तरह से, मुझे लगता है कि उस दौर में शिक्षकों के साथ हमारी चर्चाएँ अधिक गर्मजोशी से भरी हुई और अधिक प्रेरणास्पद होती थीं, जब जानकारी के ऐसे विशाल भण्डारों के लिए मानसिक रूप से तैयार होने के पहले ही वे हमें उपलब्ध नहीं हो जाते थे।

लास एंजिल्स की यूनिवर्सिटी ऑफ कैलिफोर्निया (यूसीएलए) में अपने पोस्ट-डाक्टरल अध्ययनों के दौरान मैं भाग्यशाली थी कि मार्गदर्शकों के रूप में मुझे दो शानदार वैज्ञानिकों प्रोफेसर वोल्कर हार्टेनस्टीन तथा प्रोफेसर उत्पल बनर्जी का साथ मिला। उन्होंने ही मेरा परिचय मेरे वर्तमान कार्य के क्षेत्र, *ड्रोसोफिला* हैमाटोपोएसिस, से करवाया।

आप ड्रोसोफिला में हैमाटोपोएसिस को अपने शोधकार्य का क्षेत्र चुनने के निर्णय पर कैसे पहुँचीं?

बनारस हिन्दू यूनिवर्सिटी (बीएचयू) के प्राणिशास्त्र के विभाग की साइटोजैनेटिक प्रयोगशाला में प्रोफेसर जगत राय के निर्देशन में मेरा डाक्टरल शोधकार्य फलों की मक्खियों के ब्रेन ट्यूमरों (मस्तिष्क अर्बुद) में ट्यूमर को दबाने वाले वंशाणु (जीन) की भूमिका का अध्ययन करने पर केन्द्रित था। मस्तिष्क के सामान्य विकास को समझने के लिए मैंने तंत्रिका जीवविज्ञान(न्यूरोबायोलोजी) का अध्ययन करना आरम्भ किया, लेकिन फिर इस विषय से मुझे प्रेम हो गया।

अपने पोस्ट-डाक्टरल अध्ययनों के लिए मैंने प्रोफेसर वोल्कर हार्टेनस्टीन (यूसीएलए) के साथ काम करने का फैसला किया, जो मक्खियों के मस्तिष्क के विकास के क्षेत्र में पथप्रवर्तक रहे हैं। उनकी प्रयोगशाला में लगभग तीन सप्ताह गुजार चुकने के बाद, एक दिन प्रोफेसर हार्टेनस्टीन मेरी काम करने की बैंच के पास रुके और बोले कि पोस्ट-डाक्टरल कार्य का दौर ही वह

> नील आर्मस्ट्रांग ने एक बार कहा था कि,"रहस्य आश्चर्य उत्पन्न करता है, और आश्चर्य ही मनुष्य की समझने की इच्छा का आधार होता है।"

समय होता है जब हमें जोखिम उठाने की जरूरत होती है। मुझे उनकी टिप्पणी ने उलझन में डाल दिया। मैंने उनसे पूछा कि वे मुझसे ऐसा क्यों कह रहे थे। उत्तर में वे मुस्कुराए और बोले कि,"कुछ ऐसा करो जो तुमने पहले कभी नहीं किया हो...ऐसा करने में मजा आता है...।" उन्होंने आगे कहा कि हालाँकि फलों की मक्खी रोग-प्रतिरक्षा का अध्ययन करने के लिए एक प्रतिरूप (मॉडल) की तरह प्रसिद्ध थी, वहीं रक्त कोशिकाओं के विकास सम्बन्धी पहलुओं का अध्ययन करने में एक प्रतिरूप की तरह उसकी उपयोगिता का क्षेत्र अभी बिलकुल प्रारम्भिक अवस्था में था। वे चाहते थे कि उनके विद्यार्थी फलों की मक्खियों के इस पहलू की छानबीन करें। प्रोफेसर वोल्कर की ही तरह, प्रोफेसर उत्पल को भी शोध के इस क्षेत्र का अनुसरण करने में जबर्दस्त दिलचस्पी थी। वास्तव में, रक्त कोशिकाओं की उत्पत्ति के बारे में जो शोधपत्र पहला मील का पत्थर साबित हुआ, वह प्रोफेसर उत्पल की प्रयोगशाला से ही प्रकाशित हुआ था। ऐसा लगा कि इस क्षेत्र में अभी काफी कुछ ऐसा था जिसे उजागर होना बाकी था। इसलिए यही आपके सवाल का उत्तर है। मैं न्यूरोबायोलोजी को छोड़कर, फलों की मक्खियों में रक्त कोशिकाओं के विकास की जाँच-पड़ताल करने में जुट गई।

क्या कोई ऐसी चारित्रिक विशेषताएँ होती हैं जो वैज्ञानिक शोधकार्य के लिए स्वाभाविक रूप से उपयुक्त होती हैं?

जो विद्यार्थी जिज्ञासा, आन्तरिक प्रेरणा, उत्कृष्ट बनने के प्रति उत्साह तथा प्रतिबद्धता, और निश्चित रूप से परिश्रम करने की क्षमता दर्शाते हैं, वे शोधकर्ता के जीवन के लिए उपयुक्त होते हैं।



चित्र 2: फलों की मक्खियाँ - आनुवांशिकी विज्ञान (जैनेटिक्स) की सिंडरैला।

विज्ञान की शिक्षा में अवलोकन और आश्चर्य का भाव कितने महत्त्वपूर्ण होते हैं?

अवलोकन करने की आपकी क्षमता एक ऐसा केन्द्रीय गुण होती है जो शोधकार्य को संचालित करती है। किसी प्राकृतिक गतिविधि या किसी प्रयोग का अवलोकन करने का युवा मन पर गहरा असर होता है। यदि हम विद्यार्थियों में विज्ञान के प्रति टिकाऊ दिलचस्पी जगाना चाहते हैं, तो हमें विद्यार्थियों के लिए ऐसे अवसर प्रदान करना बेहद जरूरी है जिनमें वे पाठ्यपुस्तकों की अवधारणाओं को कार्यरूप में देख सकें।

अन्तरिक्ष यात्री नील आर्मस्ट्रांग ने एक बार कहा था कि,"रहस्य आश्चर्य उत्पन्न करता है, और आश्चर्य ही मनुष्य की समझने की इच्छा का आधार होता है।" ऐसा ही बहुत खूबसूरती से ऐरविन शारगाफ ने भी कहा है कि,"रहस्य का बोध ही, मेरी राय में, सच्चे वैज्ञानिक को आगे बढ़ने की प्रेरणा देता है, यह अँधे होते हुए भी देखने की, बहरे होते हुए भी सुनने की, अवचेतन रूप से स्मरण करने की संचालन करने वाली वही अँधी शक्ति होती है जो एक लार्वा को तितली बनने की ओर संचालित करती है। यदि किसी व्यक्ति (वैज्ञानिक) ने, अपने जीवन में कम-से-कम कुछ मौकों पर, अपनी रीढ़ में इस ठण्डी सिहरन को महसूस नहीं किया है, और इस अदृश्य विराट चेहरे का सामना नहीं किया है जिसकी श्वास उसकी आँखों में आँसू ला देती है, तो फिर वह वह व्यक्ति वैज्ञानिक नहीं है।" मैं विज्ञान में आश्चर्य के महत्त्व के बारे में आर्मस्ट्रांग तथा शारगाफ के विचारों से पूरी तरह सहमत हूँ। स्कूल के विज्ञान के लिए यह बेहद जरूरी है कि वह विद्यार्थियों को प्राकृतिक संसार के आश्चर्यों के प्रति विस्मय से अभिभूत हो जाने के अवसर प्रदान करे और उन्हें उन रहस्यों को खोलने के लिए उत्सुक बना दे जिनका वे अवलोकन करते हैं।

क्या आप हमें कुछ ऐसी बातें बता सकती हैं जो आपके विचार से विज्ञान में रुचि को प्रोत्साहित करने के लिए शिक्षकों द्वारा की जा सकती हैं?

शिक्षकों को पाठ्यपुस्तकों तथा विद्यार्थियों के बीच सेतु की तरह काम करने की जरूरत है। मैं यह इसके शाब्दिक अर्थ में ही कह रही हूँ - पढ़ाए जा रहे विषय (टॉपिक) के बारे में विद्यार्थियों के मन में रुचि जगाकर उसे बनाए रखने के लिए, हमें ऐसी सक्रिय कड़ी बनना जरूरी है जो पाठ्यपुस्तक की विषयवस्तु को जीवन्तता और हमारे स्वयं के उत्साह से भर दे। विद्यार्थियों को सीधे किसी किताब से सिर्फ तथ्यों को बता देने के बजाय, शिक्षकों के लिए जरूरी हो सकता है कि वे प्रयोगों के द्वारा विज्ञान को खोजने की प्रक्रिया में विद्यार्थियों को शामिल करें या किसी खोज या खोजकर्ता के बारे में कोई फिल्म दिखाकर या कहानी सुनाकर उन्हें विषय की ओर आकर्षित करें।

शोधकर्ता किस प्रकार स्कूल के विज्ञान में योगदान दे सकते हैं?

शोधकर्ता उत्सुक विद्यार्थियों को प्रेरित कर सकते हैं और उनकी अभीप्साओं को प्रज्वलित कर सकते हैं। वैज्ञानिकों के साथ बातचीत के छोटे-छोटे सत्र विद्यार्थियों को न केवल विज्ञान की बिलकुल नई हलचलों और खोजों पर चर्चा करने का अवसर प्रदान करते हैं, बल्कि उन्हें शोधकार्य के वास्तविक संसार का भी एक एहसास कराते हैं। शोधकर्ताओं का स्कूल के विज्ञान से नाता जोड़ सकने का एक अन्य तरीका अपनी प्रयोगशालाओं में विद्यार्थियों को उनकी गर्मियों या सर्दियों की छुट्टियों में छोटे दौरों के लिए आमंत्रित करने का है।

आईआईएसईआर (इण्डियन इंस्टीट्यूट्स ऑफ साइंस एजुकेशन एण्ड रिसर्च - जो आईआईटीकी ही तरह के संस्थानों की एक नई शृंखला है) में ऐसे 'बाह्य सम्पर्क के कार्यक्रम (आउटरीच प्रोग्राम्स)' होते हैं जो नियमित रूप से स्कूलों के विद्यार्थियों से सम्पर्क करते हैं। भारत में ऐसे पाँच संस्थान हैं – यह एक मोहाली में है, उसके अलावा ऐसे संस्थान पुणे, भोपाल, कोलकाता तथा तिरुअनन्तपुरम में हैं। होमी भाभा सेंटर फॉर साइंस ऐजुकेशन (मुम्बई) एक अन्य स्थान है जहाँ विज्ञान में दिलचस्पी रखने वाले स्कूलों के विद्यार्थी जा सकते हैं।

ऐसी कुछ सबसे बड़ी भ्रान्तियाँ क्या हैं जो विज्ञान को अपना जीविकोपार्जन का कार्यक्षेत्र (कैरियर) बनाने के बारे में स्कूल के विद्यार्थियों और शिक्षकों को हो सकती हैं?

यह सही है कि एक व्यक्ति को वैज्ञानिक कार्यक्षेत्र में अपने को स्थापित करने में समय लगता है, वहीं मेरे ख्याल से यह याद



चित्र 3 : डाक्टर मण्डल अपनी प्रयोगशाला में।

> विद्यार्थियों को सीधे किसी किताब से सिर्फ तथ्यों को बता देने के बजाय, शिक्षकों के लिए जरूरी हो सकता है कि वे प्रयोगों के द्वारा विज्ञान को खोजने की प्रक्रिया में विद्यार्थियों को शामिल करें या किसी खोज या खोजकर्ता के बारे में कोई फिल्म दिखाकर या कहानी सुनाकर उन्हें विषय की ओर आकर्षित करें।

रखना महत्त्वपूर्ण है कि विज्ञान के कार्यक्षेत्र का नीरस, थकाने वाला या कम कमाई वाला होना जरूरी नहीं है। यदि आपके अन्दर विज्ञान के प्रति जुनून है तो आपको एक शोधकर्ता की तरह अपने कार्यक्षेत्र के उतार-चढ़ावों में आनन्द आएगा।

एक व्यावसायिक पेशे के रूप में विज्ञान किन तरीकों से विकसित हो रहा है? और, अगले कुछ दशकों में विज्ञान के कौन-से क्षेत्र केन्द्रीय भूमिकाओं में होंगे?

विज्ञान का कार्यक्षेत्र अब केवल एक शिक्षक या प्रोफेसर बनने तक सीमित नहीं है। हम पाते हैं कि विज्ञान के विद्यार्थी विभिन्न प्रकार के कार्यक्षेत्रों - विशुद्ध शोधकार्य (अकादमिक तथा औद्योगिक संस्थानों में) से लेकर विज्ञान के सम्प्रेषण और संचार तथा विज्ञान पत्रकारिता, प्रबन्धन, और यहाँ तक कि कानून (बौद्धिक सम्पदा अधिकारों और पेटेंटों से सम्बन्धित) तक को भी - अपना रहे हैं। विज्ञान की मजबूत पृष्ठभूमि वाले पत्रकार वैज्ञानिक शोध की एकदम ताजा जानकारियों को आम आदमी तक पहुँचाने में मदद कर सकते हैं। जो अँग्रेजी भाषा में निपुण हैं, वे शोधपत्रों को लिखने में सहायक हो सकते हैं। वैज्ञानिक पृष्ठभूमि का कोई अधिवक्ता एक शोधकर्ता की 'क्या पेटेंट करना चाहिए और क्या नहीं' की दुविधाओं के समय उसका मार्गदर्शन करने में मदद कर सकता है।

बहु-विषय क्षेत्रों के दृष्टिकोणों, नई प्रौद्योगिक विधियों, तथा उच्च-स्तरीय उपकरणों से लैस होने के लाभों की वजह से आज कार्यरत शोधकर्ता नई ऊँचाइयों तक पहुँच सकते हैं और ऐसी चीजें खोज सकते हैं जो पहले नहीं सोची जा सकती थीं। इसलिए, इसका पूर्वानुमान लगाना इस समय काफी कठिन है कि विज्ञान का कौन-सा क्षेत्र अगले दशक में हावी रहेगा।

अनुवाद : भरत त्रिपाठी

आर्कमिडीज के सिद्धान्त खेल-खेल में

मनीष यादव

यह लेख, प्यासे कौए जैसी बच्चों की प्रिय कथाओं तथा आसानी से उपलब्ध सामग्री के साथ किए गए खुले विकल्पों वाले प्रयोगों के माध्यम से, विज्ञान शिक्षकों के एक समूह के द्वारा आर्कमिडीज के सिद्धान्त और उससे सम्बन्धित अवधारणाओं की खोजबीन करने के प्रयास को प्रस्तुत करता है।

अधिकांश शिक्षक भौतिकशास्त्र के सिखाने और सीखने में प्रयोगों की आवश्यकता के बारे में सहमत होते हैं। परन्तु स्कूलों में करवाए जाने वाले प्रयोगों में अक्सर विद्यार्थियों से निर्देशों की एक शृंखला का अनुसरण करने को कहा जाता है, ताकि वे एक पहले से निर्धारित परिणाम पर पहुँच सकें या पहले व्यक्त किए गए किसी नियम की सत्यता की पुष्टि कर सकें। इस पद्धति का लक्ष्य पूर्वानुमानित परिणामों पर पहुँचना अधिक होता है, बजाय इसके कि विद्यार्थियों को खुद सवालों की छानबीन करने की दृष्टि से प्रोत्साहित किया जाए। शायद यह उन कारणों में से एक है जिनकी वजह से शिक्षक अपनी कक्षाओं में प्रयोग करने में बहुत कम सार्थकता देखते हैं। तो फिर प्रयोगों के बारे में हम किस नई दृष्टि से सोचें जिनसे वे स्कूल में भौतिकशास्त्र पढ़ाने में उपयोगी साबित हों? इस लेख में, हम आर्कमिडीज के सिद्धान्त का उपयोग इस प्रश्न के उत्तरों की खोजबीन करने के लिए करेंगे।

गतिविधि 1 : प्यासा कौआ और आर्कमिडीज का सिद्धान्त

हममें से बहुत लोगों ने उस प्यासे कौए की कहानी सुनी होगी जिसने एक मिट्टी के घड़े से पानी पीने के लिए कंकड़ों का इस्तेमाल किया। लेकिन क्या कभी आपने इस कहानी की सत्यता की पुष्टि करने का प्रयास किया है? घड़े में पानी का प्रारम्भिक स्तर कौए के पानी तक पहुँचने में क्या भूमिका निभाता है? घड़े में बहुत से छोटे-छोटे कंकड़ों को डालने के बजाय, यदि हम एक बड़े पत्थर को धीरे से घड़े में डालें तो क्या होगा? घड़े में मौजूद पानी तक पहुँचने के लिए उसमें और क्या (कंचे, सब्जियों के टुकड़े आदि) डाल सकते हैं? इस जाँच-

प्यासे कौए की कहानी



गर्मियों के एक तपते हुए दिन एक प्यासा कौआ पानी की तलाश में भटक रहा था। काफी खोजने के बाद, उसे एक घड़ा मिला जिसमें कुछ पानी था। कौए ने घड़े में अपना सिर डालकर पानी पीने की कोशिश की, किन्तु वह उसमें मौजूद पानी तक नहीं पहुँच सका। फिर उसने घड़े को झुकाने की कोशिश की ताकि कुछ पानी उसमें से बहकर बाहर आ जाए, लेकिन घड़ा उसके लिए बहुत भारी था। आसपास देखने पर कौए को बहुत से छोटे कंकड़ दिखाई दिए। उसने अपनी चोंच का इस्तेमाल करते हुए एक-एक करके उन कंकड़ों को घड़े में डाला। पानी का तल ऊपर आ गया। कौए ने पानी पिया और खुशी-खुशी उड़ गया।

पड़ताल से हम क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं? क्या यह कहना सही होगा कि पानी का तल घड़े की किनारी तक केवल तभी पहुँचता है जब घड़े में इसके लिए पहले से ही पर्याप्त पानी हो? क्या इस 'पर्याप्त' पानी का स्तर घड़े के आयतन का आधा या दो-तिहाई होगा?

जैसा कि आप देख सकते हैं, यह सरल कहानी आर्कमिडीज के सिद्धान्त की छानबीन करने की शुरुआत करने में हमारी मदद कर सकती है। एक विज्ञान शिक्षक के नाते कल्पना कीजिए कि आपकी भौतिकशास्त्र की कक्षा में यह प्रयोग किया जा रहा है। बहुत सम्भावना है कि आपके विद्यार्थी मुस्कुराते हुए पानी के स्तर और कंकड़ों के बारे में चर्चा करते हुए दिखाई देंगे। हमने इस गतिविधि को विज्ञान के शिक्षकों के साथ किया, और जैसा कि आप **चित्र 1** में देख सकते हैं, उन्हें इन सवालों के उत्तर खोजने में बहुत मजा आया।

एक बार जब विद्यार्थी इस गतिविधि को समाप्त कर लें तो उनके साथ चर्चा करना बेहद महत्वपूर्ण है। अलग-अलग सामग्रियों के डूबने और उतराने (फ्लोटेशन) के गुण की ओर उनका ध्यान आकर्षित करने के लिए शिक्षक इस तरह के सवाल पूछ सकते हैं जैसे 'क्या पानी के स्तर को बढ़ाने के लिए हम थर्माकोल के टुकड़े डाल सकते हैं?'



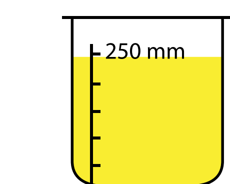
चित्र 1 : प्यासे कौए की कहानी की सत्यता की पुष्टि करते हुए, 'लेट्स डू फिजिक्स (आओ हम भौतिक विज्ञान करें)' इकाई के शिक्षक, प्रशिक्षण कार्यशाला, निवाई, दिसम्बर 3-4, 2012। स्रोत - अजीम प्रेमजी फाउण्डेशन, टोंक टीम।

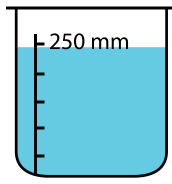
गतिविधि 2 : वे कारक जो द्रव की सतह पर उतराने को प्रभावित करते हैं

प्रक्रिया : इस प्रयोग को करने की सबसे अच्छी स्थिति इसे एक सामूहिक गतिविधि की तरह करना है। विद्यार्थियों से उनके पूर्व अनुभवों या उनकी धारणाओं के आधार पर पूर्वानुमान लगाने को कहें कि उन्हें प्रदान किए गए तीन प्रकार के द्रवों में कोई विशेष वस्तु सतह पर उतराएगी या उसमें डूब जाएगी। उन्हें इन द्रवों के गिलासों में डाली जाने वाली वस्तुओं तथा उन गिलासों में मौजूद द्रवों, दोनों के गुणधर्मों को ध्यान में रखते हुए इन अवलोकनों के बारे में सोचने के लिए प्रोत्साहित करें। जब वे अपने पूर्वानुमान लगा लें, तब उन्हें दिए गए इन द्रवों में विभिन्न वस्तुओं को डालकर उन पूर्वानुमानों की पड़ताल करने को कहें।

डूबना या उतराना : विद्यार्थियों को वस्तुओं के उतराने या डूबने के गुणों के बारे में, और इसका सम्बन्ध जिन द्रवों में उन्हें

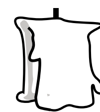
किसी द्रव की सतह पर किसी वस्तु का उतराना (फ्लोटिंग) या उसमें उसका डूब जाना, वस्तु और द्रव दोनों के गुणधर्मों पर निर्भर करता है।

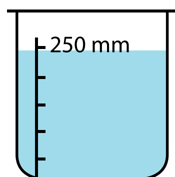


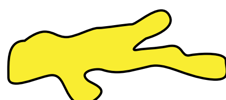


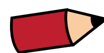


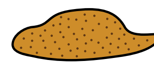


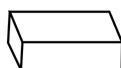


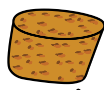


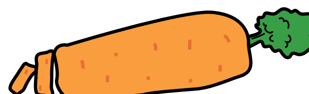


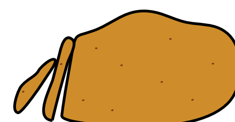












चित्र 2 : गतिविधि 2 के लिए आवश्यक सामग्री। बीकरनुमा काँच के 3 गिलास (जिनमें से प्रत्येक का आयतन 250 मिलीलीटर हो), उनमें से एक में अल्कोहल भरा हो, दूसरे में पानी और तीसरे में शक्कर या नमक का घोल। एक कॉर्क का टुकड़ा, एक रबर, हल्दी का टुकड़ा, सुपारी के टुकड़े, धातु की पेपरक्लिप, एक मोमबत्ती का टुकड़ा, पेंसिल का छोटा टुकड़ा, कुछ मिट्टी, और गाजर तथा आलू के कुछ टुकड़े।

डाला जाता है उनके गुणों से भी होने के बारे में ज्यादा गहराई से सोचने को प्रेरित करने के लिए आप उनसे कई विविध प्रकार के प्रश्न पूछ सकते हैं। ऐसे प्रश्नों के कुछ उदाहरण हैं - क्या तुम्हें कोई ऐसी वस्तुएँ मिलीं जो तीनों द्रवों में सतह पर उतराती हैं? क्या इसका कोई कारण है कि कोई वस्तु जो ग्लिसरोल में डूब जाती है, वह अल्कोहल में और पानी में भी डूब जाती है? यह वस्तु इन तीनों प्रकार के द्रवों में क्यों डूब जाती या उतराती है? दबाकर गेंद जैसा बना दिया गया अल्यूमिनियम का एक पत्तर क्यों पानी की सतह पर तैरता रहता है - क्या आप कोई तरीका सोच सकते हैं जिससे कि वह पानी में डूब जाए?

यह गतिविधि स्वाभाविक रूप से हमारे अगले सवाल की ओर ले जाती है - वस्तुओं या द्रवों के वे कौन से गुणधर्म हैं जो उन्हें सतह पर उतराने को प्रभावित करते हैं? सरलता के लिए, आइए हम पहले एक ही प्रकार के द्रव, जैसे कि पानी, के बारे में और उसकी सतह पर उतराने वाली विभिन्न वस्तुओं के बारे में विचार करें। बहुत सम्भावना है कि स्कूल के स्तर के विद्यार्थी इस सवाल का उत्तर द्रव्यमान (मास), आयतन, घनत्व, क्षेत्रफल, जैसी अवधारणाओं का उल्लेख करते हुए देंगे। हो सकता है कि आपको ऐसे उत्तर भी मिलें जैसे कि रंग या लम्बाई। गतिविधि 2 में ऐसी वस्तुओं को चुनें जो रंग तथा लम्बाई की दृष्टियों से बहुत अलग-अलग तरह की हों, जिससे यह देखा जा सके कि इन गुणों का उतराने से कोई सम्बन्ध नहीं है।

गतिविधि 3 : वस्तुओं के आयतन और उनके द्वारा विस्थापित द्रव के आयतन के बीच के सम्बन्ध की पड़ताल करना

प्रक्रिया : विद्यार्थियों से घनाकार (क्यूबॉयड) टुकड़ों तथा गोलों के आयतन की गणना करने के लिए कहें। इसके लिए

इस प्रयोग के लिए चुनी गई वस्तुओं के समूह के लिए कोई नियम नहीं है। उन्हें इसलिए चुना गया है क्योंकि वे अलग-अलग द्रवों में उतराने की भिन्न स्थितियों को प्रदर्शित करती हैं। इस सामान्य शर्त का पालन करते हुए, शिक्षक इस प्रयोग के लिए बिलकुल भिन्न वस्तुओं का समूह चुन सकते हैं।

आवश्यकतानुसार लम्बाई-चौड़ाई आदि मापकर गणितीय सूत्रों का उपयोग करते हुए आयतन तय किया जाए। इसके बाद प्रत्येक वस्तु को एक-एक करके मापन के जार (नापने के निशान लगे हुए जार) में भरे हुए पानी में डालने के लिए कहें। प्रत्येक वस्तु के डालने के पहले और बाद के पानी के स्तरों को मापन जार में चिन्हित करके, विद्यार्थी प्रत्येक वस्तु द्वारा हटाए गए पानी के आयतन की गणना कर सकते हैं। इन मानों की तुलना इस प्रयोग की शुरुआत में की गई वस्तुओं के आयतन की गणनाओं से मिले मानों से करें।

इस प्रयोग के कुछ सामान्य अवलोकन नीचे दिए गए हैं :

1. डूबी हुई वस्तुओं का आयतन द्रव के उस आयतन के बराबर होता है जिसको वे हटाती हैं।
2. द्रव की सतह पर उतराने वाली वस्तुओं का आयतन उनके द्वारा विस्थापित किए गए द्रव के आयतन से ज्यादा होता है।

इन अवलोकनों को गणितीय ढंग से इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है।

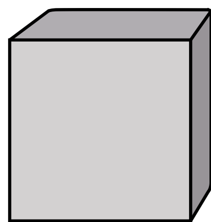
$V_{\text{वस्तु}} = V_{\text{द्रव}}$ जो विस्थापित किया गया जब वस्तु उसमें डूब जाती है।

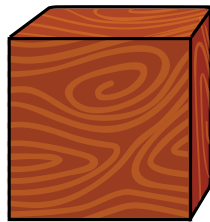
वस्तु के द्वारा द्रव का विस्थापित आयतन वस्तु के द्रव में डूबे हुए भाग के आयतन के बराबर होता है।

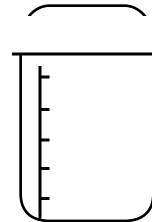
$V_{\text{वस्तु}} > V_{\text{द्रव}}$ जो विस्थापित किया गया जब वस्तु द्रव की सतह पर उतराती है।

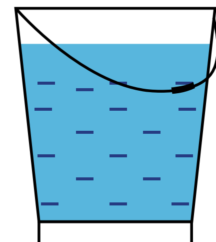
गतिविधि 4 : उतराने और डूबने में द्रव्यमान तथा घनत्व के सम्बन्ध की छानबीन करना

प्रक्रिया : गतिविधि 3 की तरह विद्यार्थियों से घनाकार टुकड़ों के आयतन की गणना करने तथा उनके द्रव्यमान पता करने को कहें। फिर टुकड़ों को एक-एक करके एक मापन जार में रखे हुए पानी में डुबोने के लिए कहें । हरेक टुकड़े द्वारा विस्थापित पानी के द्रव्यमान तथा आयतन को अलग-अलग दर्ज करें। द्रव्यमान, आयतन तथा घनत्व के बीच के सम्बन्ध की छानबीन करने के उद्देश्य से इन अवलोकनों का उपयोग करने के लिए प्रोत्साहित करें, खास तौर पर इस तथ्य को देखते हुए कि समान आयतन वाली वस्तुएँ द्रवों में उतराने को लेकर अलग-अलग गुण दर्शा सकती हैं (जहाँ एक सतह पर उतराती है, वहीं दूसरी द्रव में डूब सकती है)। जब वे यह काम पूरा कर चुकें, तब आप विद्यार्थियों से इस सम्बन्ध का परीक्षण अनियमित आकारों वाली वस्तुओं



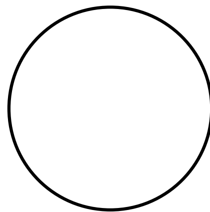


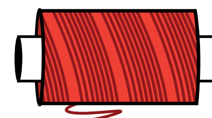




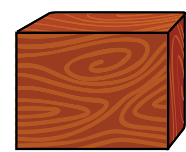


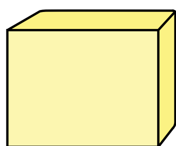


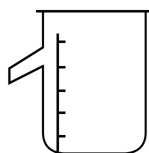


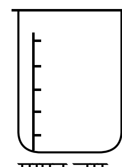


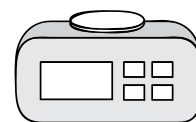
चित्र 3 : गतिविधि 3 के लिए आवश्यक संसाधन। 2 घनाकार टुकड़े (एक धातु का बना हुआ और दूसरा लकड़ी का बना हुआ), 2 बड़े गोले (एक लकड़ी का बना हुआ, दूसरा काँच का बना हुआ), एक मापन जार, एक धागे की रील, एक पानी भरी बाल्टी और एक आधे फुट का पैमाना जिससे घनाकार टुकड़ों की नापों को मापा जा सके।













चित्र 4 : गतिविधि 4 के लिए आवश्यक संसाधन। आयताकार लकड़ी का एक टुकड़ा तथा समान मापों वाला आयताकार साबुन या लोहे का एक टुकड़ा (पदार्थों की भिन्नता के अलावा एक समान दिखने वाले), अतिरिक्त बहाव वाला एक जार, मापन का एक जार, हटाए गए द्रव का द्रव्यमान नापने के लिए एक इलेक्ट्रॉनिक तराज़ू (जो द्रव्यमान को ग्राम तक सही दिखाए) और टुकड़ों की मापों को नापने के लिए आधे फुट का एक पैमाना।

के साथ करने के लिए भी कह सकते हैं। यहाँ V_O वस्तु के आयतन को तथा V_W विस्थापित किए गए पानी के आयतन को निरूपित करते हैं। इसी प्रकार, D_O वस्तु के घनत्व को तथा D_W विस्थापित किए गए पानी के घनत्व को निरूपित करते हैं।

	आयतन का सम्बन्ध	द्रव्यमान का सम्बन्ध	घनत्व का सम्बन्ध (द्रव्यमान/ आयतन)
डूबना	$V_O = V_W$	$M_O > M_W$	$D_O > D_W$
उतराना	$V_O > V_W$	$M_O = M_W$	$D_O < D_W$

जिस तरह हमने वस्तुओं के पानी में उतराने या डूबने के गुणों की छानबीन की है, उसी तरह अन्य द्रवों जैसे कि अल्कोहल, साइट्रिक अम्ल, नमक का घोल तथा शक्कर का घोल जैसे अन्य द्रवों के साथ इन गुणों की छानबीन की जा सकती है। विद्यार्थियों से पूछें कि ऐसा क्यों होता है कि वही वस्तु भिन्न-भिन्न द्रवों में (आंशिक रूप से या पूरी तरह से) उतरा सकती है और डूब सकती है। इसका जवाब इस तथ्य को स्थापित करने के लिए आवश्यक है कि वस्तु का उतराना या डूबना केवल वस्तु के गुणों पर ही निर्भर नहीं करता, बल्कि द्रव के गुणों पर भी निर्भर करता है। इस तथ्य का एक आसान प्रदर्शन एक अण्डे को नमक के घोल में (या गाजर के टुकड़ों को साइट्रिक अम्ल में) डालकर देखा जा सकता है। जब हम एक अण्डे को नल के सामान्य पानी से भरे जग में डालते हैं तो वह डूब जाता है। पर यदि नल के पानी में पर्याप्त मात्रा में नमक घोल दिया जाए तो

यदि वस्तु का घनत्व उस द्रव के घनत्व के बराबर हो जिसमें उसे डाला जाता है, तो क्या इस प्रयोग के परिणाम भिन्न होंगे? आप कमरे के तापमान पर गाजर के टुकड़ों को पानी में, साइट्रिक अम्ल में या शक्कर के संतृप्त घोल में बारी-बारी से डालकर इस सवाल की छानबीन कर सकते हैं।

अण्डे को उस घोल की सतह पर तैराया जा सकता है क्योंकि नमकीन पानी का घनत्व नल के सादे पानी के घनत्व से अधिक होता है।

इससे फिर एक अन्य प्रश्न निकलता है - 'क्या द्रव की सतह पर उतराने में किसी वस्तु की आकृति की कोई भूमिका होती है?' विद्यार्थियों को सानी हुई मिट्टी या अल्यूमिनियम का पत्तर और पानी से भरा एक टब दें। फिर वे उस सनी हुई मिट्टी या अल्यूमिनियम के पत्तर का उपयोग विभिन्न प्रकार की आकृतियाँ बनाने के लिए करें जिनकी सतहों के द्रव के साथ सम्पर्क क्षेत्रफल अलग-अलग हों, ताकि उनके द्वारा हटाए गए पानी के भिन्न-भिन्न आयतनों की तुलना की जा सके। इसके परिणामस्वरूप आगे बढ़ते हुए यह चर्चा की जा सकती है कि किस प्रकार नावों और जहाजों की आकृति को पानी की सतह पर उतराने के लायक डिजाइन किया जाता है, इसके बावजूद कि वे ऐसे पदार्थों से बनते हैं जिनका घनत्व समुद्र के पानी के घनत्व से काफी ज्यादा होता है।

निष्कर्ष

प्रयोगों को करने के बारे में ये बस कुछ ऐसे सुझाव हैं जिनका उपयोग भौतिकविज्ञान की एक अवधारणा की इस प्रकार छानबीन करने के लिए किया जा सकता है कि वे उसके पढ़ाने और सीखने को अधिक रोचक और आकर्षक बना सकते हैं। इस प्रकार की पद्धति विद्यार्थियों को भौतिक अवधारणाओं की स्वयं 'छानबीन करने' और 'खोजने', तथा ऐसे अनुभवों से खुद अपने ज्ञान को निर्मित करना आरम्भ करने का अवसर प्रदान करती है। हमने इन विचारों को 35 शासकीय शिक्षकों (निवाई,टोंक राजस्थान) के साथ आजमाया और उनसे हमें बहुत जोरदार सकारात्मक प्रतिक्रिया प्राप्त हुई। क्या आप भी उन्हें इन्हें अपनी कक्षा में आजमाने की कोशिश नहीं करेंगे?

आभार

मैं अपने सहयोगियों ('लेट्स डू फिजिक्स' मोड्यूल को विकसित करने में साझेदार) राकेश तिवारी और गणेश जीवा का आभार व्यक्त करना चाहता हूँ। मैं अज़ीम प्रेमजी फाउण्डेशन, जयपुर की राज्य तथा टोंक की टीमों को भी दिसम्बर 2012 में निवाई में 'लेट्स डू फिजिक्स' की प्रशिक्षण कार्यशाला आयोजित करने में उनकी सहायता के लिए धन्यवाद देना चाहता हूँ।



References

1. Physics in the Elementary School, Harry O. Gillet, The Elementary School Teacher, Vol. 4, No. 10 (Jun., 1904), pp. 688-692.
2. Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction, Ismo T. Koponen and Terhi Mäntylä.
3. Exploratory Experiments, L. R. Franklin, Philosophy of Science, Vol. 72, No. 5, Proceedings of the 2004 Biennial Meeting of The Philosophy of Science Association.
4. Demonstration Experiments in Physics. Reprinted from the classic work by Richard Manliffe Sutton.
5. Learning Introductory Physics by Doing It, Priscilla Laws Reviewed, Change, Vol. 23, No. 4 (Jul. - Aug., 1991), pp. 20-27.

मनीष यादव विज्ञान तथा गणित की शिक्षा के क्षेत्र में लगभग सात वर्षों से भी अधिक समय तक अजीम प्रेमजी फाउण्डेशन के साथ काम करते रहे हैं। उन्होंने शिक्षकों तथा शिक्षक प्रशिक्षकों के लिए विज्ञान शिक्षा के कई कार्यक्रमों को संचालित किया है। उनसे manishy18@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** सत्येन्द्र त्रिपाठी

विद्यार्थियों को पूछने और खोजबीन करने दें :

पड़ताल एक बहुरंगी पौधे की

गुरिन्दर सिंह एवं कैरेन हेडॉक

यदि शिक्षक विद्यार्थियों को रोचक किन्तु भ्रमित करने वाले सन्दर्भ प्रदान करें तो क्या होगा? क्या वे सन्दर्भ विद्यार्थियों को प्रश्न पूछने और अपनी खुद की जाँच-पड़ताल करने के लिए प्रोत्साहित करेंगे? इस लेख में लेखकों ने इसका एक उदाहरण प्रस्तुत किया है कि किस तरह बहुरंगी पत्तियों वाले एक पौधे ने विद्यार्थियों को प्राकृतिक संसार के बारे में अपनी जिज्ञासा का समाधान करने के उद्देश्य से जाँच-पड़तालों के एक सिलसिले को करने के लिए उकसाया।

किसी कक्षा में अधिकांश सवाल कौन पूछता है - विद्यार्थी या शिक्षक? बहुत से मामलों में जो सवाल पूछने का काम करता है वह तो शिक्षक ही होता है। और एक शिक्षक किस तरह के सवाल पूछता है? ऐसे सवाल जिनके उत्तर शिक्षक को पहले से ही पता रहते हैं! स्कूलों में विद्यार्थियों को इन्हीं उत्तरों को देने के लिए प्रशिक्षित किया जाता है, और ऐसा कर सकने की उनकी योग्यता के आधार पर ही उनका आकलन किया जाता है। यदि विद्यार्थी सवाल पूछते भी हैं तो उनसे केवल 'पाठ्यपुस्तक' के वे ही सवाल पूछने की अपेक्षा की जाती है जो उनके स्कूल के पाठ्यक्रम के दायरे में आते हैं। ऐसे सवाल असली नहीं होते क्योंकि वे पूछने वाले की 'जानने' की असली जिज्ञासा से पैदा नहीं होते।

लोग असली सवाल कब पूछते हैं? जब हमें सचमुच में किसी चीज के बारे में जानने की जरूरत होती है, या फिर जो हम देखते हैं और जो हमारे मौजूदा ज्ञान का खाका होता है, उन दोनों के बीच एक फासला या टकराव पैदा होता है। हम सभी अपने रोजमर्रा के जीवन में असली सवाल पूछते हैं, खास तौर पर जब हमें कोई समस्या सुलझानी होती है। उदाहरण के लिए, हम किसी बस स्टैण्ड पर इन्तजार करने वाले अन्य लोगों से पूछ सकते हैं कि शहर की केन्द्रीय जगह पर जाने के लिए आपको कौन-सी बस लेना चाहिए, या सड़कों पर पुलिस वालों की बड़ी संख्या को देखकर हम अपने आप से या दूसरों से पूछ सकते हैं कि क्या हो रहा है, या फिर जब प्रेशर कुकर में आम दिनों की तुलना में ज्यादा दाल पका रहे हों तब हम खुद से पूछ सकते हैं कि यह सुनिश्चित करने के लिए कि वह ठीक से पक गई है

कितनी सीटियाँ पर्याप्त होंगी। हम निरन्तर अपने आस-पास के परिवेश के साथ अन्तर्क्रियाएँ करते रहते हैं, और समझने के उद्देश्य से सवाल पूछते रहते हैं, तथा कुछ मामलों में समस्याओं को हल करते हैं।

फिर, विद्यार्थी कक्षा में असली सवाल क्यों नहीं पूछते? इसका एक कारण यह हो सकता है कि उन्हें प्राकृतिक संसार के साथ सीधे अन्तर्क्रिया करने का मौका बिरले ही कभी मिलता है। इसके बजाय, विद्यार्थी ज्यादातर संसार को अप्रत्यक्ष रूप से किताबों और अपने शिक्षकों के माध्यम से समझने की निष्क्रिय प्रक्रिया में संलग्न रहते हैं। क्या प्राकृतिक संसार के साथ प्रत्यक्ष रूप से सीधे अन्तर्क्रियाएँ करने के अवसर विद्यार्थियों को असली सवाल पूछने के लिए प्रेरित करेंगे?

यह मालूम करने के प्रयास में हमने कक्षा 7 के 11 विद्यार्थियों (11 से 13 साल की उम्र वाले) के एक समूह के साथ एक तीन दिवसीय कार्यशाला आयोजित की। हम विद्यार्थियों को एक ऐसे बगीचे में ले गए जिसमें एक बहुरंगी पत्तियों वाला 'भेण्डी' (*टालीपरीति टिलासियम*) का पेड़ था (**चित्र 1** को देखें)। इस सजावट वाले पेड़ में कुछ हरी पत्तियाँ, कुछ हरे और सफेद विषम हिस्सों वाली पत्तियाँ और कुछ पूरी तरह से सफेद पत्तियाँ होती हैं।

हम जानते हैं कि माध्यमिक स्कूलों में विज्ञान के विद्यार्थी इस प्रकार के वक्तव्यों से परिचित रहते हैं :



चित्र 1 : एक बहुरंगी पत्तियों वाली भेण्डी (*टालीपरीति टिलासियम*) का पेड़ - लगभग 2.5 मीटर ऊँचा। आभार : गुरिन्दर सिंह

- **पौधे अपना भोजन प्रकाश संश्लेषण कहलाने वाली एक प्रक्रिया के द्वारा स्वयं बनाते हैं।**
- **पत्तियाँ हरी होती हैं क्योंकि उनमें एक हरा रंजक (क्लोरोफिल) होता है।**
- **प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया बिना क्लोरोफिल के घटित नहीं हो सकती।**

इन वक्तव्यों को मानते हुए, एक सफेद पत्ती जिसमें क्लोरोफिल की मौजूदगी दिखाई नहीं देती किस तरह से अपना भोजन बनाती है? और यदि वह अपना भोजन नहीं बना सकती, तो फिर वह जीवित कैसे रहती है?

यही वह सवाल था जो हमारे खुद के दिमागों में भी आया जब हमने इस पेड़ को पहली बार देखा। हमारे मन में दूसरे सवाल भी थे। क्या सफेद पत्तियों में कुछ हरा रंजक होता है? क्या सफेद पत्तियाँ उसी रफ्तार से बढ़ती हैं जिस रफ्तार से हरी पत्तियाँ बढ़ती हैं? क्या सफेद पत्तियों को उनका भोजन हरी पत्तियों से प्राप्त होता है? हम इस बात की पड़ताल करने के लिए शोध करते रहे हैं कि हम विद्यार्थियों को प्रश्न पूछने और योजना बनाकर खुद अपने स्तर पर जाँच-पड़ताल करने के द्वारा स्वयं उनका उत्तर देने के लिए प्रोत्साहित करने के माध्यम से उन्हें विज्ञान कैसे सिखा सकते हैं। इसलिए कार्यशाला के दौरान हमारी दिलचस्पी यह देखने में थी कि क्या विद्यार्थी भी इन सवालों में से कुछ पूछेंगे या नहीं। और यदि उन्होंने पूछे तो क्या वे इन सवालों के उत्तरों की जाँच-पड़ताल करने के तरीकों के बारे में सोचने में भी समर्थ होंगे।

हमने खुद कुछ न कहने का निर्णय लिया, बस विद्यार्थियों को पेड़ के पास ले गए। हमें आश्चर्य हुआ जब विद्यार्थी अपने आप एक-दूसरे से बात करने लगे और पेड़ के बारे में स्वयं से सवाल पूछने लगे। ये सवाल विविध प्रकार के पहलुओं के बारे में थे, जिनमें नई, पुरानी और गिरी हुई पत्तियों के रंग, आकृतियों और आकारों, काँटों तथा फूलों आदि से सम्बन्धित सवाल शामिल थे। उनके सभी सवाल दर्ज किए गए और उनको एक बोर्ड पर प्रदर्शित किया गया। विद्यार्थियों ने छोटे-छोटे समूहों में काम किया और इन सवालों की पड़ताल करने के तरीकों पर चर्चा की। प्रत्येक समूह ने अपनी पड़तालों की योजना बनाने और उसे क्रियान्वित करने का काम स्वयं किया जिसमें हमारी मदद बहुत मामूली थी।

इस लेख में हमने उन विभिन्न गतिविधियों का उल्लेख किया है जो इस परियोजना से निकलीं। इनमें से कुछ गतिविधियाँ हमारे द्वारा कार्यशाला के पहले कर ली गई थीं, कुछ अन्य की योजना बनाने और उन्हें क्रियान्वित करने का काम विद्यार्थियों के द्वारा

अपने खुद के सवालों का उत्तर देने के लिए किया गया। हम यह अपेक्षा नहीं करते कि इन गतिविधियों को उसी चरणबद्ध ढंग से वैसे ही दोहराया जाएगा जिस तरह यहाँ उनका वर्णन किया गया है। हमारा उद्देश्य कुछ उदाहरणों को आपके साथ साझा करना है जो दर्शाते हैं कि विद्यार्थियों ने किस प्रकार बहुरंगी पत्तियों के सन्दर्भ का उपयोग सवालों को पैदा करने और वैज्ञानिक जाँच-पड़तालों को करने के लिए किया।

क्या पौधे के बढ़ने के लिए क्लोरोफिल जरूरी है?

एक गतिविधि, जो कभी-कभी स्कूलों में यह सिद्ध करने के लिए की जाती है कि ''प्रकाश संश्लेषण के लिए क्लोरोफिल का होना आवश्यक है", यह है कि एक बहुरंगी पत्ती लेकर उसके हरे रंजक को अल्कोहल में घोल देना और यह दिखाना कि केवल वे ही क्षेत्र स्टार्च के लिए सकारात्मक परीक्षण देते हैं जो पहले हरे थे। परन्तु, यह थोड़ी जटिल विधि है, और यह वास्तव में यह सिद्ध नहीं करती कि प्रकाश संश्लेषण के लिए क्लोरोफिल का होना आवश्यक है, या यह भी कि प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया घटित भी हो रही है या नहीं। यह केवल यह सूचित करती है कि केवल हरे हिस्सों में स्टार्च होता है। यह विद्यार्थियों को ऐसे सवाल पूछने की ओर भी ले जा सकती है कि "फिर एक आलू में भी स्टार्च क्यों होता है जबकि वह हरा नहीं होता?" क्या आलू भी प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया करने में समर्थ होता है? हम यह भी पूछ सकते हैं कि स्टार्च प्रकाश संश्लेषण का सूचक है भी या नहीं।

हरे रंजक की मौजूदगी और भोजन के उत्पादन के बीच के सम्बन्ध की पड़ताल करने के लिए, यह मानते हुए कि अधिक भोजन के परिणामस्वरूप अधिक वृद्धि होगी, हमने बहुरंगी पत्तियों के उपयोग के कुछ सरल तरीके खोज लिए। यह सवाल पूछने के द्वारा ऐसा किया जा सकता है कि क्या सफेद पत्तियों, या पत्तियों के सफेद हिस्सों (उदाहरण के लिए, जैसे **चित्र 2** में दर्शाया गया है) की कमजोर वृद्धि होती है।

हमारी एक अवधारणा यह थी कि सफेद पत्तियाँ कम वृद्धि वाली होंगी क्योंकि उनमें कम क्लोरोफिल होता है, जो कि प्रकाश संश्लेषण के घटित होने के लिए आवश्यक होता है। एक वैकल्पिक अवधारणा यह थी कि, उन नसों के सघन संजाल के कारण जो भोजन को पत्ती के एक भाग से दूसरे भाग तक या हरी से सफेद पत्तियों तक ले जा सकती थीं, सफेद पत्तियों या पत्तियों के सफेद भागों की वृद्धि कमजोर नहीं होगी। इन अवधारणाओं की पड़ताल करने के लिए निम्नलिखित गतिविधियाँ उपयोगी हो सकती हैं।



चित्र 2 : बहुरंगी भेण्डी (*टालीपरीति टिलासियम*) के पेड़ की विभिन्न प्रकार की पत्तियों में से कुछ की तुलना करें। आभार : कैरेन हेडॉक

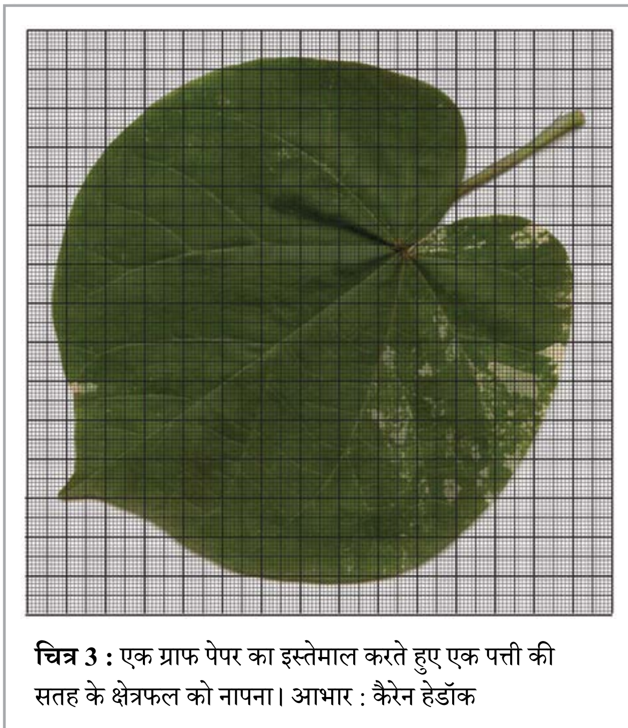
1. क्या सफेद पत्तियाँ हरी पत्तियों से आकार में छोटी होती हैं?

इस सवाल की पड़ताल सफेद और हरी पत्तियों के प्रतिनिधि नमूने चुनकर और उनके आकारों को नापकर की जा सकती है।

विद्यार्थी पत्तियों के आकारों की तुलना करने के लिए विविध प्रकार की तरकीबें ईजाद कर सकते हैं, जैसे कि स्केल के साथ या बगैर स्केल के, या सतह का क्षेत्रफल नापने के लिए एक ग्राफ पेपर का उपयोग करके (**चित्र 3** देखें)। यह गतिविधि कक्षा 6 से कक्षा 10 के विद्यार्थियों के लिए उपयुक्त है, और यह विज्ञान तथा गणित को समेकित करने का एक अच्छा तरीका है। यह विद्यार्थियों को बेढंगे आकारों वाली वस्तुओं की सतह के क्षेत्रफल को नापने की तरकीबें ईजाद करने के लिए भी प्रेरित करती है।

2. क्या एक पौधे में हरी पत्तियों की तुलना में सफेद पत्तियों की संख्या कम होती है?

जिस पौधे का अध्ययन किया जा रहा है यदि वह छोटा है तो उसकी सारी पत्तियों को गिनना सम्भव हो सकता है। यह माध्यमिक स्कूल के विद्यार्थियों के लिए उपयुक्त होता है। इसका विकल्प यह है कि विद्यार्थियों को किसी तरह के नमूने लेने की विधि ईजाद करने की जरूरत पड़ सकती है - यह एक ऐसी गतिविधि है जो कक्षा 11 तथा 12 के विद्यार्थियों के लिए अच्छा अभ्यास हो सकती है। इस विधि के लिए कुछ सांख्यिकीय विधियों को सीखने और उनका उपयोग करने की आवश्यकता पड़ेगी।



चित्र 3 : एक ग्राफ पेपर का इस्तेमाल करते हुए एक पत्ती की सतह के क्षेत्रफल को नापना। आभार : कैरेन हेडॉक

बहुत थोड़ी परिपक्व सफेद पत्तियों और अनेक अपरिपक्व सफेद पत्तियों की मौजूदगी इस बात की सूचक हो सकती है कि हरी पत्तियाँ सफेद पत्तियों की अपेक्षा ज्यादा अच्छी तरह जीवित रहती हैं।

3. क्या किसी पत्ती के सफेद आधे भाग उसके हरे आधे भागों की तुलना में छोटे होते हैं?

इस सवाल का उत्तर तो पौधे से पत्तियाँ तोड़े बिना ही दिया जा सकता है। विद्यार्थी बस पत्ती को बीच की मोटी नस (मिडरिब) पर से मोड़कर देख सकते हैं कि कौन-सा हिस्सा ज्यादा बड़ा है (**चित्र 4** देखें)।

यह कक्षा 4 या 5 के विद्यार्थियों के लिए भी एक आसान गतिविधि है। हमने इसे बहुरंगी भेण्डी की दर्जनों पत्तियों का परीक्षण करके आजमाया। हम एक भी ऐसी पत्ती नहीं खोज सके जिसमें अधिक सफेद अंश वाला अर्धभाग उतना ही बड़ा था जितना कि अधिक हरे अंश वाला अर्धभाग। इससे यह स्पष्ट संकेत मिलता था कि पत्तियों के सफेद हिस्से कमजोर वृद्धि वाले थे।

हमने इस बात पर भी गौर किया कि बहुरंगी पत्तियों की किनारियों पर दिखने वाले उभार उनके हरे हिस्सों पर थे (**चित्र 5** देखें), जो इस निष्कर्ष की पुष्टि करता था कि बीच के सफेद हिस्सों की वृद्धि कमजोर थी। यह देखना दिलचस्प होगा कि क्या ये अवलोकन अन्य बहुरंगी पौधों के लिए भी लागू होते हैं।

4. क्या सफेद पत्तियों का वजन हरी पत्तियों से कम होता है?

इस सवाल का उत्तर देने के लिए हमने समान आकार की हरी और सफेद पत्तियों की तलाश की (जो थोड़ा मुश्किल काम था) और उन्हें इलेक्ट्रॉनिक तराजू पर तौला। हमें बहुत आश्चर्य हुआ जब हमने पाया कि कुछ हरी पत्तियों का वजन उसी आकार की सफेद पत्ती के वजन से काफी कम था। परन्तु जब उन्हीं पत्तियों को सुखा दिया गया, तो आम तौर पर सफेद पत्तियों का वजन हरी पत्तियों से कम निकला। यह इस बात का सूचक था कि शायद सफेद पत्तियाँ कम भोजन पैदा कर रही हैं, या कम से कम उसे कम मात्रा में संचित कर रही हैं। या फिर, शायद हरे हिस्से अधिक कोशिकाओं या पदार्थ की अधिक मात्रा का उत्पादन करते हैं।

5. क्या सफेद पत्तियाँ हरी पत्तियों की तुलना में ज्यादा पतली होती हैं?

इस सवाल की पड़ताल कार्यशाला में भाग लेने वाली तीन लड़कियों के द्वारा की गई (**चित्र 6** देखें)।

उन्होंने इस सवाल का उत्तर देने के लिए अपनी खुद की विधि ईजाद की। उन्होंने पत्तियों को छूकर उन्हें महसूस किया और इस तरह उनकी मोटाई का अनुमान लगाया। हर विद्यार्थी बारी-बारी से खड़े होकर और अपनी आँखों को बन्द करके अपने दोनों हाथों को आगे की ओर फैला देती थी। उसकी साथिनें उसके एक हाथ में एक हरी पत्ती रख देती थीं और दूसरे हाथ में एक सफेद पत्ती। बन्द आँखों वाली लड़की दोनों पत्तियों को महसूस करती और उस पत्ती को जोर से बोलकर बताती जो उसके अनुभव के अनुसार ज्यादा पतली थी। प्रत्येक लड़की ने 15 अलग-अलग पत्तियों के ऐसे जोड़ों का परीक्षण किया जिनमें से एक पत्ती अधिकांश हिस्से में हरी थी और दूसरी अधिकांश हिस्से में सफेद (पत्तियों के उसी जोड़े का परीक्षण एक से ज्यादा व्यक्तियों द्वारा नहीं किया गया)। उन तीनों लड़कियों ने इस



चित्र 4 : एक बहुरंगी पत्ती के सफेद तथा हरे अर्ध भागों के सापेक्षिक आकारों की तुलना करना। आभार : कैरेन हेडॉक



चित्र 5 : उभारों को दर्शाती हुई एक बहुरंगी पत्ती। आभार : कैरेन हेडॉक



चित्र 6 : पत्तियों को छूकर महसूस करना। आभार : कैरेन हेडॉक

प्रयोग के परिणाम एक तालिका में दर्ज किए। उन्होंने बताया कि 11 मामलों में सफेद पत्तियाँ हरी पत्तियों से ज्यादा पतली थीं (जैसी कि उनके प्रारम्भिक अवलोकनों के आधार पर उन्होंने अपेक्षा की थी), और दो मामलों वे एक-सी मोटाई की प्रतीत हुई थीं। दो अन्य मामलों में हरी पत्तियाँ सफेद पत्तियों से ज्यादा पतली मालूम पड़ी थीं। इनमें से भी एक मामले में, उन्होंने गौर किया कि हरी पत्ती का रंग - उसके पास की ही एक मोटी गहरे हरे रंग की पत्ती की तुलना में - वास्तव में हरे रंग का एक हल्का शेड (ज्यादा चमकदार और पीलापन लिए हुए) था। साथ ही वह काफी ज्यादा दुर्बल थी। हालाँकि वह काफी बड़े आकार की पत्ती थी, परन्तु वह शायद अपरिपक्व थी। इस जाँच-पड़ताल के आधार पर उन लड़कियों ने निष्कर्ष निकाला कि सामान्य रूप से भेण्डी के पेड़ की सफेद पत्तियाँ हरी पत्तियों की तुलना में ज्यादा पतली होती हैं, शायद इसलिए क्योंकि वे अपने **लिए पर्या**प्त भोजन उत्पादित करने में असमर्थ रहती हैं, तथा/या पौधे की अन्य पत्तियों से उन्हें पर्याप्त भोजन नहीं मिलता।

6. क्या हरी पत्तियों की तुलना में सफेद पत्तियाँ ज्यादा तेजी से मुरझाती हैं?

उसी कार्यशाला में 13 साल की उम्र के चार लड़कों के समूह ने निढाल-सी और सिकुड़ी हुई सफेद पत्तियों को एक ऐसी शाखा पर देखा जिसे रात भर एक पानी से भरे गिलास में रखा गया था। इसके विपरीत, उसी शाखा पर की हरी पत्तियाँ 'स्वस्थ' (वास्तव में फूली हुई) बनी रही थीं।

इसलिए उन लड़कों ने अवधारणा बनाई कि सफेद पत्तियाँ उतनी स्वस्थ नहीं होतीं जितनी कि हरी पत्तियाँ होती हैं, क्योंकि सफेद पत्तियाँ अपना खुद का भोजन नहीं बना सकतीं और वे हरी पत्तियों के द्वारा उन्हें प्रदान किए जाने वाले भोजन पर निर्भर रहती हैं। उन्होंने इसका परीक्षण तीन प्रकार की शाखाओं - वे जिन पर केवल हरी पत्तियाँ थीं, वे जिन पर केवल सफेद पत्तियाँ थीं, और वे जिन पर हरी और सफेद मिश्रित पत्तियाँ थीं - की तुलना करके किया। उन्होंने प्रत्येक प्रकार की एक शाखा को पानी में रखकर रात भर के लिए छोड़ दिया। उन्होंने प्रत्येक प्रकार की एक शाखा को मिट्टी में भी गाड़ा और उनमें पानी डालने के बाद उन्हें रात भर के लिए छोड़ दिया। (**चित्र 7** देखें)। अगले दिन, वे यह देखकर बेहद खुश हुए कि सफेद पत्तियों की वह शाखा जिसे उन्होंने मिट्टी में गाड़ा था वाकई में हरी पत्तियों वाली शाखा की तुलना में काफी ज्यादा निढाल हो गई थी, जबकि मिश्रित सफेद और हरी पत्तियों वाली शाखा की हालत देखने में इन दोनों के कहीं बीच की थी (**चित्र 8 ए** तथा **8 बी** की छवियों को देखें)। परन्तु, जिस चीज ने उन्हें उलझन में डाल दिया वह थी कि जिन शाखाओं को उन्होंने पानी में रखा था उनके मामले में ठीक उल्टी बात सच थी (**चित्र 8 सी** तथा **8 डी** को देखें)।

परन्तु, फिर उन्हें याद आया कि बोतलों में से दो ठण्डे पानी से भरी गई थीं, जबकि अन्य में कमरे का तापमान का पानी भरा गया था। शायद इसने यह अन्तर पैदा किया हो? इसके परिणामस्वरूप बदलने वाले कारकों और जिस एक कारक का परीक्षण किया जा रहा हो, उसको छोड़कर अन्य सभी कारकों को नियंत्रित रखने की कोशिश करने के महत्व पर चर्चा हुई। हो सकता है कि यह पहला ऐसा वैज्ञानिक प्रयोग था जो इन 13

साल की उम्र वाले विद्यार्थियों ने कभी भी स्वयं संचालित किया था, और हमें यह जानकर खुशी हुई कि उन्होंने, हमारे बिना किसी भी प्रकार के उकसावे के, खुद से ही अतिरिक्त कारक (ठण्डा या गरम पानी) की समस्या को उठाया था।

अब आपकी बारी है

भेण्डी या अन्य बहुरंगी पौधों का इस्तेमाल करते हुए विद्यार्थी और कौन-से सवालों की छानबीन कर सकते हैं? आप विद्यार्थियों को किसी बगीचे या किसी अन्य ऐसी जगह ले जा सकते हैं जहाँ बहुरंगी पत्तियों वाला पौधा हो, और फिर उन्हें छानबीन करने, बात करने, चर्चा करने, खेलने और प्रयोग करने दें, जिसके दौरान उन्हें जहाँ तक सम्भव हो आप खुद कम से कम कुछ बताएँ, खास तौर पर तब जब वे सवाल पूछने लगें। उनको योजना बनाने और जाँच-पड़तालों को संचालित करने में कुछ सहायता की जरूरत पड़ सकती है।

इस पद्धति की खूबसूरती यही है कि आपको अपने विद्यार्थियों



चित्र 7 : मिट्टी में शाखाएँ गाड़ते हुए लड़के। आभार : गुरिन्दर सिंह





चित्र 8 ए तथा 8 बी : मिट्टी में गाड़ी गईं शाखाएँ, पहले और बाद में। आभार : कैरेन हेडॉक





चित्र 8 सी तथा 8 डी : पानी में रखी गईं शाखाएँ, पहले और बाद में। आभार : कैरेन हेडॉक

संसाधन

बहुरंगी पत्तियों के बारे में ज्यादा जानकारी के लिए यूनिवर्सिटी ऑफ कैलिफोर्निया, लॉस एंजिल्स, यूएसए में स्थित मिल्ड्रेड ई मेथायस बोटेनिकल गार्डन की वैबसाइट के सामान्य वनस्पति विज्ञान के खण्ड को देखें : http://tinyurl.com/qgpl6y2 आप बहुरंगी पौधों के बारे में और अधिक यूनियन काउंटी कालेज की वैबसाइट से भी जान सकते हैं : http://tinyurl.com/p2m7vgq पौधों की बहुरंगी पत्तियों की छवियों की लाइब्रेरी के लिए देखें वैबसाइट : http://tinyurl.com/ojpu9rr

को यह बताने की जरूरत नहीं पड़ती कि उन्हें चरणबद्ध ढंग से क्या-क्या करना है। सीमित मार्गदर्शन के साथ ही, जिन विद्यार्थियों ने पहले कभी भी प्रयोग न किया हो, वे भी अपनी खुद की तरकीबें ईजाद कर लेते हैं, उनको क्रियान्वित करते हैं और अपने प्रयोगों को अधिक परिष्कृत बनाते हैं।

बहुरंगी पत्तियों वाले पौधों की अन्य प्रजातियों के साथ इसी प्रकार की जाँच-पड़तालों में हमें थोड़े भिन्न परिणाम प्राप्त हुए। यह हमारे निष्कर्षों को और भी अधिक रोचक बनाता है, शायद सभी बहुरंगी पत्तियाँ उनके सफेद क्षेत्रों में स्पष्ट रूप से कमजोर वृद्धि नहीं दर्शातीं?

हम आशा करते हैं कि यह लेख आपको इस बात के लिए प्रेरित करेगा कि आप अपने विद्यार्थियों को उनके खुद के असली सवाल उठाने दें और अपनी खुद की जाँच-पड़तालें करने के द्वारा उनका उत्तर देने दें!

भेण्डी के विकल्प

भेण्डी के अलावा, सजावटी पौधों की अन्य कई प्रजातियाँ भी हैं जिनका इसी प्रकार की जाँच-पड़तालों के लिए उपयोग किया जा सकता है। इनमें से कुछ की सूची नीचे दी गई है :

बहुरंगी गिंगको (गिंगको बिलोबा वैर.)

बहुरंगी मेपल्स (एसर दाविदिआई हांसू सुरू, एसर प्लाटनाओल्ड्स वेरिगेटम)

ऐरालिया इलाटा 'औरियोवेरीगाटा'

क्लाउन फिग (फाइकस ऐस्पेरा)

कैलाडियम की कुछ किस्में

ड्राकाएना की कुछ किस्में

होस्टा की कुछ प्रजातियाँ

गुरिन्दर सिंह होमी भाभा सेंटर फॉर साइंस एजुकेशन, मुम्बई में साइंस एजुकेशन में पीएच.डी. कर रहे हैं। उनके शोधकार्य की रुचियाँ इसका अध्ययन करने में हैं कि माध्यमिक स्कूलों के विद्यार्थी तब विज्ञान कैसे सीखते हैं जब उन्हें खुद के सवाल पूछने और उनकी पड़ताल करने के अवसर दिए जाते हैं। उनके पास सैकेण्डरी तथा सीनियर सैकेण्डरी स्तर पर भौतिकविज्ञान पढ़ाने का लगभग आठ वर्षों का अनुभव है। गुरिन्दर से gurinder@hbcse.tifr.res.in या gurinderphysics@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

कैरेन हेडॉक होमी भाभा सेंटर फॉर साइंस ऐजुकेशन, मुम्बई में फैकल्टी की सदस्य हैं। वे यूएसए में बायोफिजिक्स में अपनी पीएच.डी. पूरी करने के बाद, 1985 से भारत में एक शोधकर्ता, शिक्षाविद, वैज्ञानिक, शिक्षक और कलाकार की तरह कार्य कर रही हैं। गुरिन्दर के साथ विद्यार्थियों के सवाल पूछने पर कार्य करने के अलावा, उनका हाल का शोधकार्य इन विषयों पर रहा है : (1) कला और विज्ञान करने की प्रक्रियाओं में परस्पर एक-दूसरे को व्याप्त करने के दायरे (ओवरलैप्स), (2) विकास के बारे में सीखने की राह में आने वाली समस्याएँ और उनके समाधान, और (3) यह सवाल कि किसान विज्ञान करते हैं या नहीं। उन्होंने अनेक कहानी की किताबें और पाठ्यपुस्तकें लिखी हैं और उनके चित्र भी बनाए हैं। उन्होंने शिक्षकों की शिक्षा और पढ़ाने की विधियों तथा पाठ्यक्रमों के क्षेत्रों में भी व्यापक रूप से काम किया है। कैरेन से haydock@gmail.com या www.khaydock.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी

सूर्य का आश्चर्य!

स्व-निर्मित उपकरण से दिन में खगोलविज्ञान की गैर-मामूली अवधारणाओं का अध्ययन

प्रज्वल शास्त्री

यदि आसमान साफ हो तो स्कूल के घण्टों के दौरान सूर्य दिखाई देता है। ऐसे उपकरण, जिन्हें आसानी से हम खुद बना सकते हैं, का उपयोग सरल अवलोकनों को करने और सूर्य से सम्बन्धित मापों को नापने के लिए किया जा सकता है। इनसे खगोलविज्ञान के संसार की अन्तर्दृष्टियाँ, सूर्य की कार्यप्रणालियाँ, पिन-होल (छिद्र) कैमरे और छवियाँ निर्मित करना ये सभी बातें निकल सकती हैं। यहाँ ऐसी कुछ गतिविधियों का वर्णन किया गया है। साथ ही साथ बाह्य पाठ्यसामग्री तथा वीडियो संसाधनों के बारे में दिशा निर्देश भी दिए गए हैं।

खगोलविज्ञान प्रेरक है, किन्तु ....

किसी चन्द्रमा विहीन रात को मिल्की वे (हमारी आकाशगंगा) का दृश्य मनोहारी होता है। शक्तिशाली दूरबीनों (टेलिस्कोप), जैसे कि **हबल, स्पिट्जर** और **चन्द्रा** के द्वारा देखे गए और इंटरनैट के माध्यम से हमारे घरों तक लाए गए सुदूर ब्रह्माण्ड के फोटोग्राफ मंत्रमुग्ध करने वाले होते हैं। आकाश तक सबकी पहुँच है और वह एक 'सार्वभौमिक प्रयोगशाला' है। परन्तु, स्कूल के घण्टे हमेशा ही दिन के समय होते हैं। इस वास्तविकता में यदि हम प्रकाश के प्रदूषण के अभिशाप को भी जोड़ दें, तो व्यावहारिक रूप से स्कूल के नियमित घण्टों में तारों को गौर से देखने का कोई अवसर ही नहीं बचता - पर इसका एक अपवाद है। हमारे सबसे निकट का तारा, सूर्य, स्कूल के घण्टों के दौरान 'प्रयोगशाला' की भूमिका निभा सकता है! इस प्रकार, दिन के समय किए गए खगोलविज्ञान के प्रयोगों के साथ, करने और खोजने के द्वारा विज्ञान का सीखना वास्तव में घटित हो सकता है।



सावधानी रखें[1]

सूर्य को सीधे एकटक नहीं देखना चाहिए - यह हमारी आँखों

को नुकसान पहुँचा सकता है। सूर्य की छवि को प्रक्षेपित करना, जिसका नीचे दी गई गतिविधियों में वर्णन किया गया है, सूर्य को देखने की सुरक्षित विधियों में से एक है।

गतिविधि 1 : दिन के समय के चन्द्रमा को खोजना!

आवश्यक सामग्री: अवलोकनों को दर्ज करने के लिए एक कॉपी

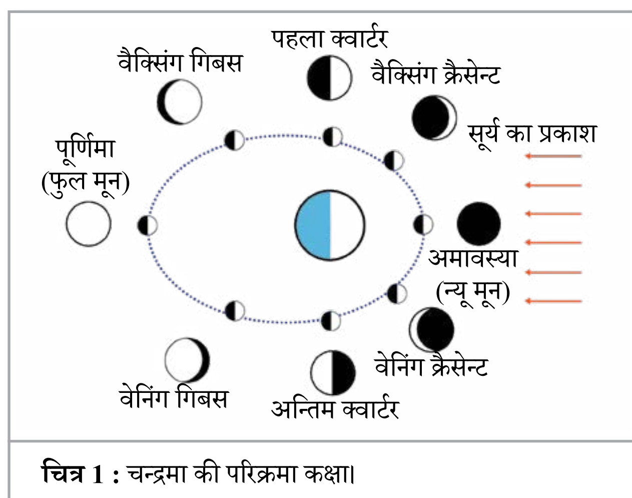
स्थितियाँ : यह जरूरी है कि यह प्रयोग ऐसी खुली जगह में हो जहाँ सूर्य और चन्द्रमा सहित आकाश का काफी हिस्सा, कम से कम बीच-बीच के अन्तरालों में, साफ दिखाई देता हो, अर्थात आसमान अपेक्षाकृत साफ होना चाहिए।

पृष्ठभूमि : हमारा चन्द्रमा आकाश में चमकता हुआ दिखाई देता है क्योंकि वह सूर्य के प्रकाश से आलोकित होता है। चूँकि चन्द्रमा लगभग हर 29 दिनों में पृथ्वी की परिक्रमा करता है, इसलिए चन्द्रमा के इस प्रकाशित पृष्ठ के अलग-अलग हिस्से हमें अलग-अलग दिनों में दिखाई देते हैं, जिनको हम 'चन्द्रमा की कलाएँ (फेजेस ऑफ द मून)' कहते हैं। चन्द्रमा के द्वारा पृथ्वी की परिक्रमा करने का एक अन्य प्रभाव, जो कई दिनों में एक बार दिखाई देता है, यह है कि चन्द्रमा कभी तो रात को दिखाई देता है और कभी-कभी दिन के दौरान दिखाई देता है। वास्तव में, चन्द्रमा इतना चमकदार तो होता ही है कि उसे दिन के साफ चमकते हुए नीले आसमान में भी देखा जा सकता है। दिन के समय के चन्द्रमा को खोजना एक ऐसी गतिविधि है जो चन्द्रमा की परिक्रमा कक्षा, ग्रहणों आदि के बारे में सिखाने वाली अधिक गहराई की गतिविधियों की पूर्ववर्ती हो सकती है, जिनमें प्रतिरूपों (मॉडलों), या अवलोकनों का रात के साथ-साथ दिन के दौरान भी उपयोग किया जा सकता है।

अवलोकन गतिविधि :

1. दिन के समय के आकाश में चन्द्रमा की स्थिति को ढूँढ़ लें।
2. उसकी आकृति कैसी है? अवलोकनों की कॉपी में उसकी रफ आकृति उतार लें और साथ में अवलोकन की तारीख और समय भी दर्ज करें।
3. क्षितिज, या चन्द्रमा के ठीक नीचे के आकाश, के सापेक्ष उसकी आकृति का घुमाव (ओरिएंटेशन) कैसा है?
4. सूर्य के सापेक्ष उसकी आकाश में क्या स्थिति है? (दक्षिण-पूर्व? उत्तर-पश्चिम?)
5. अपनी एक बाँह को सीधी सूर्य की तरफ फैलाएँ और दूसरी को सीधी चन्द्रमा की तरफ फैलाएँ। आपकी बाँहों के द्वारा बनाया गया अनुमानित कोण कितना है?
6. लगभग 30-60 मिनटों के अन्तरालों पर आकाश में चन्द्रमा के पथ का निरीक्षण करें और ऊपर के अवलोकनों को दोहराएँ।
7. आगामी दिनों में भी इन अवलोकनों को दोहराएँ।
8. **चित्र 1** में दिए गए चन्द्रमा की परिक्रमा कक्षा के रेखाचित्र का इस्तेमाल करते हुए, क्या आप कुछ दिनों की अवधि में किए गए अपने अवलोकनों को समझा सकते हैं?

टिप्पणी : सुबह की अवधि के दौरान चन्द्रमा पूर्णिमा के कुछ दिन बाद दिखाई देगा और दोपहर की अवधि में वह पूर्णिमा के कुछ दिन पहले दिखाई देगा। ऊपर बताए गए अवलोकनों में से पहला तब करना सुनिश्चित करें जब चन्द्रमा भी सूर्य के साथ-साथ दिखाई दे रहा हो। आदर्श रूप में तो, अवलोकनों को चन्द्रमा के पूरे परिक्रमा चक्र के दौरान किया जाना चाहिए, ताकि जिन दिनों चन्द्रमा दिन के समय में दिखाई नहीं देता उन्हें भी दर्ज किया जाए। फिर विद्यार्थियों को इन अवलोकनों को दिन के साथ ही रात में भी (घर पर) करने के लिए प्रोत्साहित किया जाना चाहिए। साथ ही अपने परिणामों का सम्बन्ध चन्द्रमा की कलाओं से जोड़ना चाहिए जिनका अध्ययन वे अपनी पाठ्यपुस्तकों में करते हैं। पहले से इस गतिविधि के समय तय करने, और उसकी योजना बनाने का काम चन्द्रमा के कैलेण्डर का उपयोग करके किया जा सकता है जो कि आसानी से इंटरनैट[2] पर उपलब्ध रहते हैं।



चित्र 1 : चन्द्रमा की परिक्रमा कक्षा।

अवलोकन का स्थान	तारीख	समय	आकाश की स्थिति	सूर्य और चन्द्रमा के बीच का कोण	चन्द्रमा की आकृति
स्कूल का खेल मैदान	रविवार 20 मार्च 16	13:00	साफ		
स्कूल का खेल मैदान	सोमवार 21 मार्च 16	15:00	आंशिक रूप से बादलों वाला		
स्थानीय पार्क	रविवार 20 मार्च 16	11:00	आंशिक रूप से बादलों वाला		
स्कूल का खेल मैदान	बुधवार 23 मार्च 16	11:30	अधिकांश साफ, गुजरते हुए बादल		

तालिका 1. अवलोकनों को दर्ज करने के प्रारूप का एक उदाहरण

गतिविधि 2 : जादुई दर्पण

आवश्यक सामग्री : एक साधारण दर्पण जिसका आकार लगभग 3 से.मी. × 3 से.मी. का हो, मोटा काला कागज जिसका आकार लगभग 15 से.मी. × 15 से.मी. हो (इसका आकार आपके दर्पण के आकार पर निर्भर करता है – दिशा निर्देशों को देखें), एक गोल सिक्का, एक कैंची, चिपकाने की सामग्री, एक छोटा रूलर, नापने का टेप, अवलोकनों को दर्ज करने के लिए एक कॉपी।

आवश्यक स्थितियाँ : इतना पर्याप्त साफ आसमान कि सूर्य को देखा जा सके (कम-से-कम बीच-बीच में) और एक खुली जगह जहाँ से आकाश का दृश्य बहुत ज्यादा बाधित न हो।

जादुई दर्पण का निर्माण :

चरण 1 : काले कागज के हर कोने से, 5 से.मी. × 5 से.मी. के आकार का वर्गाकार टुकड़ा काटकर अलग कर दें, और काट के किनारे कागज के किनारों के समानान्तर हों ताकि काटने के बाद एक बड़े 'गणित के धन (प्लस) चिन्ह' जैसा टुकड़ा बचा रहे (चित्र 2 देखें)।

चरण 2 : इस 'धन' चिन्ह वाले टुकड़े के बाहरी वर्गाकार टुकड़ों में से एक वर्ग, एक वृत्त (इसे बनाने के लिए सिक्के का इस्तेमाल करें), एक सितारा और एक समबाहु त्रिभुज के आकारों के टुकड़े काटकर निकाल दें। ये आकृतियाँ दर्पण के आकार से छोटी होना चाहिए।

चरण 3 : इस 'धन' के बीच के वर्गाकार हिस्से पर दर्पण को अच्छी तरह चिपका दें।

चरण 4 : कटआउट के वर्गाकार भागों में से हर एक को मोड़कर दर्पण के ऊपर रखें, ताकि आपके पास दर्पण के ऊपर मुखौटों जैसा काम करने के लिए चार आवरण बन जाएँ।

जादुई दर्पण तैयार है!

उपयोग : इस जादुई दर्पण को बाहर किसी ऐसी जगह ले जाएँ जहाँ सूर्य दिखाई देता हो। दर्पण को इस तरह से उठाकर सामने करें कि वह 'सूर्य को पकड़े', और दर्पण की स्थिति और झुकाव के साथ प्रयोग करें ताकि वह पास की लगभग एक मीटर दूर की किसी सतह पर सूर्य के प्रकाश के चमकते टुकड़े को प्रतिबिम्बित करे। यह सतह कोई दीवार, किसी दोस्त के द्वारा पकड़ी गई कागज की एक शीट या किसी व्यक्ति के पहने हुए कपड़े, कुछ भी हो सकती है।

फिर बारी-बारी से जादुई दर्पण का प्रत्येक वर्गाकार आवरण मोड़कर उसके ऊपर ढाँकें, और सामने की सतह पर प्रतिबिम्बित प्रकाश के चमकदार टुकड़े को देखें। इसमें कोई



चित्र 2 : 'धन' चिन्ह के आकार में काटा गया काला कागज जिसके बीच में वर्गाकार दर्पण चिपकाया गया है, और जिसके बाहरी चार भागों में एक वर्ग, एक वृत्त, एक सितारा और एक त्रिभुज की आकृतियाँ काटकर निकाल दी गई हैं। आभार : नवनिर्मिति 2013

अचरज की बात नहीं दिखेगी, उस चमकदार टुकड़े की आकृति वही शक्ल ले लेगी जो दर्पण के मुखौटे की होगी चाहे वह वर्गाकार हो, या फिर वृत्ताकार, त्रिभुजाकार या सितारे जैसी।

अब अचरज की बात आती है। दर्पण और प्रक्षेपण किए जाने वाली सतह के बीच की दूरी बढ़ाकर लगभग 8-10 मीटर कर दें। यदि किसी व्यक्ति के कपड़ों को चमकदार टुकड़े का प्रक्षेपण करने की सतह की तरह इस्तेमाल किया गया था, तो दर्पण के सामने उसकी पीठ कर दें ताकि गलती से सूर्य का प्रक्षेपण उसकी आँखों पर न हो, जो उसे एकदम चकाचौंध कर देगा। गौर करें कि दूरी बढ़ाने का प्रकाश के चमकदार टुकड़े की आकृति पर क्या प्रभाव पड़ता है। चाहे मुखौटे की आकृति कैसी भी हो (चाहे वह वर्गाकार हो, या वृत्त, त्रिभुज या सितारा हो), पर वह चमकदार टुकड़ा हमेशा वृत्ताकार होता है! त्रिभुजाकार मुखौटे को मोड़कर दर्पण के ऊपर रखें, और सतह को आगे पीछे करें, और देखें किस तरह वह चमकदार टुकड़ा सतह के पास होने पर त्रिभुजाकार से, सतह के दूर होने पर वृत्ताकार बन जाता है।[3] इसी प्रक्रिया को वर्गाकार और सितारे जैसी आकृति के मुखौटों के साथ दोहराएँ।

व्याख्या : वृत्ताकार टुकड़ा सूर्य का प्रतिबिम्ब है। इसे इसी तरह का एक और प्रयोग करके विश्वसनीय ढंग से प्रदर्शित किया जा सकता है, जिसे किसी तेज लैम्प या टार्च की रोशनी से किसी अच्छी तरह से अँधेरा किए गए कमरे में किया जा सकता है।[4] यदि दर्पण को किसी दीवार से काफी अधिक दूरी पर रखा जाए तो वह दीवार पर लैम्प या टार्च की छवि को प्रक्षेपित करता है। एक सूक्ष्म छेद (पिन होल) कैमरे का विचार[5] सदियों से ज्ञात रहा है, और उसे व्यापक रूप से एक बड़ी गहराई वाले अवलोकन क्षेत्र में किसी दृश्य की छवि निर्मित करने के लिए इस्तेमाल किया गया है। पिन होल के विचार का अनुसरण करते हुए, गत्ते के टुकड़े (कार्डबोर्ड) में किए गए छेदों को सूर्य का प्रतिबिम्ब प्रक्षेपित करने के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है।[4,6,7] 'पिन होल' प्रकृति में भी पाए जाते हैं, उदाहरण के लिए किसी पेड़ की पत्तियों के बीच की खाली जगहें।[7] हमारा जादुई दर्पण जब दीवार या प्रक्षेपण सतह से पर्याप्त दूरी पर होता है तब वह ऐसे ही एक पिन होल के समरूप की तरह व्यवहार करता है।[8] हालाँकि हमारा दर्पण एक 'पिन होल', जैसा कि हम उसके बारे में सोचते हैं, से काफी बड़ा है, परन्तु उसके 'जादू' का रहस्य स्वयं छेद या दर्पण के आकार में नहीं होता, बल्कि इस आकार और प्रक्षेपण किए जाने वाले परदे के बीच की दूरी के अनुपात पर होता है जो कि काफी बड़ा होना चाहिए। इस विचार को अगली गतिविधि में और विस्तार दिया गया है।

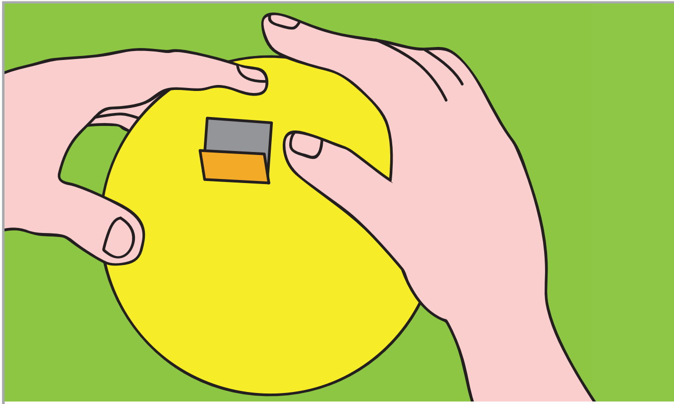
गतिविधि 3 : गेंद की सतह पर बनाया गया सौर प्रक्षेपक (सोलर प्रोजेक्टर)

आवश्यक सामग्री : एक मध्यम आकार की कड़क प्लास्टिक की गेंद, गेंद में भरने के लिए थोड़ी-सी रेत, चिपकाने वाले टेप की एक खाली रिंग, या एक टैनिंकोइट रिंग, या एक स्थिर रहने वाली चपटी सतह का बेलनाकार डिब्बा (बगैर उसके ढक्कन के और उसका व्यास गेंद के व्यास का लगभग आधा हो) जो प्रक्षेपक के आधार (माउंट) का काम करेगा, एक छोटा दर्पण (लगभग 3 से.मी. × 3 से.मी. के आकार का), दर्पण से थोड़े से बड़े आकार का कड़क कागज का टुकड़ा, चिपकाने वाला टेप, एक कैंची और पेपर कटर, एक सिक्का और अवलोकनों को दर्ज करने के लिए एक कॉपी।

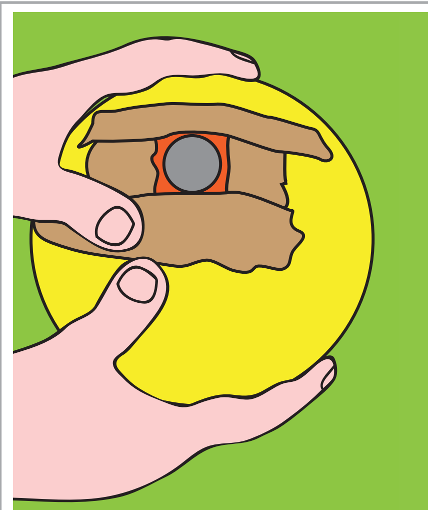
अवलोकनों के लिए स्थितियाँ : अपेक्षाकृत साफ आसमान जिसमें सूर्य कम-से-कम बीच-बीच में दिखाई दे रहा हो।

गेंद की सतह पर प्रक्षेपक का आधार और सौर प्रक्षेपक निर्मित करना : गेंद की सतह पर, कटर का इस्तेमाल करते हुए, लगभग 2.5 से.मी. × 2.5 से.मी. का एक वर्गाकार टुकड़ा चिन्हित करें, और फिर उस टुकड़े के तीन किनारों को काटकर एक वर्गाकार छेद बना लें। तीन तरफ से कटा हुआ वर्गाकार टुकड़ा ढक्कन का काम करेगा। इस छेद में से गेंद को रेत से आधे से कुछ ज्यादा तक भर दें। यह गेंद को स्थिर टिके रहने के लिए मदद करेगा। फिर छेद को ढक्कन से बन्द कर दें और उसे टेप से सील कर दें। अब इस गेंद को आधार पर रख दें (आधार के लिए उपयोग की गई टेप की रिंग, या बेलनाकार डिब्बा काम में लें)। आप महसूस कर सकते हैं कि गेंद को आसानी से इस आधार पर घुमाया जा सकता है, पर छोड़ देने पर वह स्थिर रहती है।

अब कड़क कागज के टुकड़े के बीच में सिक्के का उपयोग करते हुए लगभग 2 से.मी. व्यास का एक वृत्त बनाएँ। इस वृत्त को सावधानीपूर्वक सफाई से काटकर अलग कर दें और इस तरह दर्पण के लिए एक वृत्ताकार मुखौटा बना लें। वृत्ताकार छेद के आसपास के बचे हुए कागज के कटआउट पर चिपकाने वाला पदार्थ लगाएँ और उसे दर्पण की प्रतिबिम्बित करने वाली सतह पर सावधानी से चिपका दें, ताकि काटा गया वृत्त दर्पण के लगभग बीच में हो। यह सुनिश्चित कर लें कि वृत्ताकार छेद में से दर्पण के दिखाई देने वाले हिस्से पर चिपकने वाला पदार्थ बिलकुल न लगा हो। अब इस मुखौटे वाले दर्पण को टेप का इस्तेमाल करते हुए मजबूती से गेंद की सतह पर चिपका दें। यह सुनिश्चित कर लें कि टेप से वृत्ताकार छेद बिलकुल भी न ढँका हो।



चित्र 3 : एक कटर का उपयोग करते हुए गेंद पर तीन तरफ काटकर एक वर्गाकार छेद बनाना जिसका एक 'ढक्कन' है।
आभार : सूरज जमीन पर वीडियो सीरीज[9]



चित्र 4 : गेंद के ऊपर अच्छी तरह से चिपकाए गए दर्पण के ऊपर कागज काटकर बनाया गया एक वृत्ताकार मुखौटा।
आभार : सूरज जमीन पर वीडियो सीरीज[3]

अब आपका रिंग पर रखा और गेंद की सतह पर बनाया गया सौर प्रक्षेपक तैयार है!

उपयोग : गेंद के इस प्रक्षेपक को उसके रिंग के आधार पर खुले में जमीन पर किसी जगह रखें। गेंद को घुमाते हुए प्रयोग करें और दर्पण को इस तरह ऊपर की ओर लाएँ कि वह सूर्य के सीधे सामने होकर उसके प्रकाश को पकड़ रहा हो, तथा उसके प्रतिबिम्ब को किसी सीधी खड़ी ऊर्ध्वाधर सतह, जैसे कि कोई दीवार या परदे, पर दिखाए। गौर करें कि यह सतह गेंद से जितनी दूर होगी, सूर्य का प्रतिबिम्ब उतना ही अधिक बड़ा होगा परन्तु उसकी चमक तथा स्पष्टता उतनी ही कम होगी, अर्थात वह उतना ही कम साफ दिखाई देगा।

अवलोकन गतिविधियाँ :

- जब आप प्रक्षेपित प्रतिबिम्ब और गेंद के प्रक्षेपक के बीच की दूरी को बदलते हैं तो प्रतिबिम्ब किस तरह बदलता है?
- यदि आप दर्पण को (कई मिनिट तक) स्थिर रखें तो समय बीतने के साथ प्रतिबिम्ब पर क्या असर पड़ता है?
- समय बीतने के साथ प्रतिबिम्ब के खिसकने की दिशा क्या है (दाईं ओर या बाईं ओर? ऊपर की ओर या नीचे की ओर? पूर्व की ओर या पश्चिम की ओर?)?
- अब गेंद के प्रक्षेपक को किसी ऐसी जगह पर रखें (किसी कमरे के खुले दरवाजे में या बिना सलाखों वाली खिड़की की पट्टी पर) जहाँ से सूर्य का प्रतिबिम्ब कमरे के भीतर की दीवार पर पड़ रहा हो। अब सूर्य के प्रतिबिम्ब के आसपास के क्षेत्र के सापेक्ष उसकी स्पष्टता पर गौर करें।
- यदि कमरे की खिड़कियों, रोशनदानों आदि पर काले परदे ढाँककर उसमें और भी अधिक अँधेरा कर दिया जाए तो प्रतिबिम्ब की स्पष्टता और चमक को और अधिक बढ़ाया जा सकता है।
- किसी हल्के रंग के कागज की एक बड़ी शीट को प्रक्षेपण की सतह पर लगा दें ताकि आप दिन के समय के बदलने, दिनों के बदलने आदि के साथ सूर्य की खिसकती हुई विभिन्न स्थितियों को उस पर अंकित कर सकें।
- गेंद के प्रक्षेपक को ठीक उसी स्थान पर अगले दिन उसी समय फिर से रखें। अब पिछले दिन के सापेक्ष सूर्य के प्रति-बिम्ब की स्थिति क्या है?
- क्या आप सूर्य के प्रतिबिम्ब के भीतर कोई काले धब्बे देख सकते हैं? क्या वे समय बीतने के साथ प्रतिबिम्ब की किनारी के सापेक्ष खिसकते हैं? ये सौर धब्बे (सन स्पॉट्स)[10] हो सकते हैं!

उपकरण के बारे में टिप्पणियाँ

आधार : जब वजनदार गेंद को रिंग के आधार पर रखा जाता है तो वह न केवल बहुत स्थिर रहती है, बल्कि उसे ठीक दिशा की ओर घुमाने की प्रक्रिया में भाग लेने वाले को उस बोध का अनुभव भी होता है जिसे खगोलविज्ञान की भाषा में 'आल्ट-एज' या उन्नतांश-दिगंश आधार (altitude-azimuth mount) कहते हैं। यह जमीन पर स्थापित दूरबीनों (टेलिस्कोप) के प्रचलित आधारों में से एक होता है जिसमें यांत्रिक व्यवस्था से दूरबीन को दो अक्षों के चारों ओर वृत्ताकार गति देकर घुमाया जा सकता है। एक अक्ष धरातल के समानान्तर होता है (और इस तरह दूरबीन के झुकाव को बदलकर वह जिस दिशा की ओर उन्मुख है उसे बदला जा सकता है) और दूसरा अक्ष धरातल के लम्बवत होता है, जो दूरबीन को घुमाते हुए उसकी दिशा को बदलकर उसे उसके 'दिगंश (azimuth)' को बदलने में समर्थ बनाती है। इस प्रकार इन दोनों प्रकार की स्वतंत्र गतियों

के संयोजन का उपयोग करते हुए, क्षितिज से ऊपर आकाश की सभी दिशाएँ और उसके सभी बिन्दु दूरबीन की पहुँच में आ जाते हैं।

प्रक्षेपक : इसके सिद्धान्त का परिचय पिछली गतिविधि में दिया गया था। दर्पण को एक गोलाकार छेद के मुखौटे से ढाँक देने से वह तब एक 'पिन होल' का काम करने लगता है जब वह परदा जिस पर सूर्य के प्रतिबिम्ब को प्रक्षेपित किया जा रहा हो अपेक्षाकृत रूप से दूर हो। यह याद रखना महत्वपूर्ण है कि (क) पिन होल के प्रभाव के लिए, जितना ज्यादा बड़ा छेद होगा परदे को उतनी ही अधिक दूरी पर रखना होगा; (ख) जितना बड़ा छेद होगा वह प्रकाश की उतनी ही अधिक मात्रा एकत्रित करेगा (जिससे ज्यादा चमकदार प्रतिबिम्ब मिलेगा) परन्तु प्रतिबिम्ब की स्पष्टता (शार्पनैस, जिसे प्रतिबिम्ब की किनारी पर साफ देखा जा सकता है, या तब साफ देखा जा सकता है जब सौर धब्बे हों या सूर्य के सामने से कोई ग्रह गुजर रहा हो) उतनी ही कम हो जाएगी; (ग) परदा जितनी अधिक दूर होगा, सूर्य का प्रतिबिम्ब उतना ही अधिक बड़ा होगा, लेकिन उसकी चमक और उसके आसपास के क्षेत्र के सापेक्ष उसकी स्पष्टता भी उतनी ही अधिक कम हो जाएगी। इस प्रकार इसमें कुछ पाने और कुछ खोने की दुविधाएँ रहती हैं, और विद्यार्थियों को इन लाभों और नुकसानों को पहचानने और समझने में समर्थ बनाने के लिए उन्हें छेद का आकार बदलने और परदे की दूरी बदलने के लिए प्रोत्साहित करना चाहिए।

दर्पण तथा प्रक्षेपण परदे की उसी दूरी के लिए, दर्पण को एक अँधेरे कमरे में रखने से प्रतिबिम्ब की चमक और उसके आसपास के क्षेत्र के सापेक्ष उसकी स्पष्टता दोनों बढ़ जाती है, इससे अवलोकन करने वाले के लिए भी स्पष्टता बढ़ती है। अँधेरे कमरे को - जिसमें प्रक्षेपण दीवार पर कागज की शीटों को लगाया गया हो जिन पर सूर्य की स्थिति और उसके खिसकने को चिन्हित किया जा सके - जानकारी (डाटा) एकत्रित करने के स्टूडियो की तरह काम में लिया जा सकता है। जब एकबारगी प्रक्षेपक के साथ विद्यार्थी खेल लेते हैं तो उसकी डिजाइन के दूसरे लाभ भी स्पष्ट हो जाते हैं - आकाश में सूर्य किसी भी स्थिति पर हो, पर प्रक्षेपक से परदे तक का पथ लगभग धरातल के समानान्तर बना रह सकता है, जो प्रयोग को बहुत सुविधाजनक बना देता है।

गतिविधियों पर टिप्पणियाँ

दर्पण के मुखौटे की विभिन्न आकृतियों और आकारों तथा प्रक्षेपण के परदे की दूरी के साथ-साथ खेलते हुए प्रयोग करने में पिन-होल प्रक्षेपण के विचार की समझ पैदा होती है। लगभग 2 से.मी. व्यास के गोलाकार छेद वाले दर्पण के मुखौटे और 30 मीटर दूर किसी अँधेरे कमरे में स्थित प्रक्षेपण स्क्रीन होना अच्छी तरह काम करता है। सूर्य के प्रक्षेपित प्रतिबिम्ब के खिसकने का अनुसरण करना, और उसे दर्ज करना सूर्य की प्रतिदिन होने वाली गति और उसमें एक दिन से दूसरे दिन होने वाले तथा ऋतुओं के अनुसार होने वाले परिवर्तनों को प्रदर्शित करता है। कभी-कभी सूर्य की सतह सौर धब्बों[11] को भी दर्शाती है। सौर धब्बों को देखने की क्षमता के लिए पर्याप्त रूप से बड़े सौर धब्बों के होने, तथा प्रतिबिम्ब के बहुत अधिक स्पष्ट (शार्प) होने की आवश्यकता होती है। सूर्य की प्रतिदिन की छवियों, जो हमें दिखाती हैं कि स्पष्ट सौर धब्बे देखे जा सकते या नहीं, को नासा या सोहो (NASA/SOHO) की वैबसाइट पर देखा जा सकता है।[10] सौर धब्बे सूर्य पर ग्रहों के आकार के ऐसे क्षेत्र होते हैं जिनके बहुत उच्च क्षमता वाले चुम्बकीय क्षेत्र, और इसलिए बहुत अधिक चुम्बकीय दबाव वाले क्षेत्र होते हैं, जो संवहनी (convective) ताप ऊर्जा के सूर्य की सतह तक पहुँचने को बाधित करते हैं। इसलिए ये क्षेत्र तुलनात्मक रूप से थोड़े ठण्डे होते हैं, और इसलिए उनके आसपास की सूर्य की सतह की अपेक्षा काफी काले प्रतीत होते हैं।

निष्कर्ष

खगोलविज्ञान उन चीजों का परिचय करवाने का एक आनन्दपूर्ण तरीका है जो बहुत दूर हैं और **वाकई में** बहुत विराट हैं, परन्तु वे भौतिकशास्त्र के नियमों का उस तरह से पालन करती हैं जिस तरह से हम पृथ्वीवासी उन्हें समझते हैं। हमारे ब्रह्माण्ड से इस परिचय के लिए रात के आकाश का ही होना आवश्यक नहीं है,



चित्र 5 : सौर प्रक्षेपक का उपयोग करती हुई दो लड़कियाँ। आभार : सेजल शेल्वी और नवनिर्मिति लर्निंग फाउण्डेशन

और उसे कई दिनों के दौरान स्कूल के घण्टों में किए जाने वाले प्रयोगों द्वारा भी करवाया जा सकता है, और इसलिए वह स्कूल के पाठ्यक्रम का भी हिस्सा हो सकता है।

आभार

'जादुई दर्पण' तथा 'गेंद वाला सौर प्रक्षेपक' नवनिर्मिति, इण्डिया द्वारा क्रमश: सोलर मैक्सिमम (2000) के नवनिर्मिति के सनट्रैक के दौरान तथा ट्रांजिट ऑफ वीनस (2004) कैम्पेन के दौरान डिजाइन किए गए थे।

यहाँ दिए गए तथा दिन के दौरान किए जा सकने वाले खगोलविज्ञान के अन्य प्रयोग उनकी वैबसाइट www.navnirmitilearning.org. पर उपलब्ध हैं। इनके तथा अन्य प्रयोगों के **यूट्यूब** पर उपलब्ध वीडियो **विज्ञान प्रसार** द्वारा **नवनिर्मिति लर्निंग फाउण्डेशन** तथा **भारत ज्ञान विज्ञान समिति**, कर्नाटक के साथ सहयोग करते हुए बनाए गए हैं। **नवनिर्मिति लर्निंग फाउण्डेशन** के प्रमुख डिजायनर विवेक मोंटीरियो एवं गीता महाशब्दे के साथ पिछले वर्षों के दौरान हुई चर्चाओं के लिए लेखिका आभारी है।



References

1. Safe Viewing YouTube. Suraj Zameen Part 13: Safe Viewing, URL: <www.youtube.com/watch?v=-Xdy5TOi2E4>
2. Lunar Calendar: https://stardate.org/nightsky/moon
3. Magic Mirror YouTube. Suraj Zameen Part 3: Magic Mirror, URL: <www.youtube.com/watch?v=oLMyv0zZavA>
4. Pinhole YouTube. Suraj Zameen Part 2: Pin Hole, URL: <www.youtube.com/watch?v=H0ythHRZsXc>
5. Young, M., 1972, Pinhole Imagery, American Journal of Physics, 40, 715.
6. Navnirmiti, 2004. Measuring the Universe with a String and a Stone, URL: www.navnirmitilearning.org .
6. Nityananda, R. Observing Light. 2015, *I Wonder*, 1, 57.
7. Nilsson, T. H., Pinhead Mirror: A Previously Undiscovered Imaging Device? Applied Optics, 25, 2863.
8. Navnirmiti, 2012. Sun-earth experiments for Daytime Astronomy, URL: www.navnirmitilearning.org.
9. SOHO website. URL: http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime/hmi_igr/512/
10. Sun Spots. URL: http://www.exploratorium.edu/sunspots/research2.html



प्रज्वल शास्त्री इण्डियन इंस्टीट्यूट ऑफ ऐस्ट्रोफिजिक्स, बेंगलूरु में खगोल भौतिकशास्त्री (ऐस्ट्रोफिजिसिस्ट) हैं। उनकी प्रमुख शोध रुचि सुपरमैसिव ब्लैक होल्स की प्रायोगिक जाँच-पड़तालों में है। उनकी प्रमुख चिन्ता प्रारम्भिक विज्ञान शिक्षा के प्रति उनके असन्तोष को लेकर है। ब्रह्माण्ड के आश्चर्यों से रूबरू होने की सुविधा के लिए वेतन पाने के अपने विशिष्ट दर्जे को गहराई से महसूस करते हुए उन्हें निरन्तर इस बात का एहसास होता है कि अक्सर शौकिया खगोलविद् वाकई में उसके प्रति जबर्दस्त लगाव रखते हैं।

उनसे prajval.shastri@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी

शिक्षक क्यों ध्यान रखें विज्ञान शिक्षा में सुन्दरता का

रोहित मेहता एवं सारा कीनन

यदि शिक्षक विद्यार्थियों को रोचक किन्तु भ्रमित करने वाले सन्दर्भ प्रदान करें तो क्या होगा? क्या वे सन्दर्भ विद्यार्थियों को प्रश्न पूछने और अपनी खुद की जाँच-पड़ताल करने के लिए प्रोत्साहित करेंगे? इस लेख में लेखकों ने इसका एक उदाहरण प्रस्तुत किया है कि किस तरह बहुरंगी पत्तियों वाले एक पौधे ने विद्यार्थियों को प्राकृतिक संसार के बारे में अपनी जिज्ञासा का समाधान करने के उद्देश्य से जाँच-पड़तालों के एक सिलसिले को करने के लिए उकसाया।

यह लेख विज्ञान की शिक्षा में सुन्दरता की भूमिका की छानबीन करता है। शिक्षकों के द्वारा विज्ञान में सुन्दरता का बोध कराने वाले पहलुओं से सम्बन्ध जोड़ने का सजग रूप से प्रयास करने के महत्त्व को रेखांकित करने के लिए, यहाँ लेखकों ने विज्ञान शिक्षा में शोध का उपयोग किया है। विज्ञान में सौन्दर्य की परवाह करने से विद्यार्थियों में आश्चर्य और जिज्ञासा का भाव जगाया जा सकता है।

"घोड़ों और इन्द्रधनुषों से संसार अधिक रोमांचित करने वाला प्रतीत होता है, न कि विज्ञान से।"

- मार्क गिरोड के शोध प्रबन्ध में उद्धृत एक विद्यार्थी का कथन।

"ऐसा व्यक्ति जो भावना से अनजान है, जो अब ठिठककर आश्चर्य और विस्मय से अभिभूत होकर खड़ा नहीं रह सकता, वह मरे हुए के समान है - उसकी आँखें बन्द हैं।"

- अलबर्ट आइंस्टीन

वैज्ञानिक अक्सर आश्चर्य और सौन्दर्य की अनुभूति से प्रेरित होने की बात करते हैं। वे ब्रह्माण्ड और उसमें हमारे स्थान, सत्य को खोजने में निहित नाटकीय कौतुहल और वैज्ञानिक विचारों तथा संरचनाओं की सुघड़ता आदि के बारे में विस्मय से अभिभूत होकर बात करते हैं। रिचर्ड फाइनमैन के इस उद्धरण पर गौर करें :

विज्ञान सीखने के बाद संसार कितना भिन्न दिखाई देता है। उदाहरण के लिए, पेड़ प्रमुख रूप से हवा से बने होते हैं। जब उन्हें जलाया जाता है, तो वे वापिस हवा में विलीन हो जाते हैं। उनकी लपटों से भरी ऊष्मा में सूर्य की वह ऊष्मा मुक्त होती है, जो कभी हवा को पेड़ में परिवर्तित करने के लिए उसके स्वरूप में बाँध दी गई थी। उसकी राख में पेड़ का वह छोटा-सा हिस्सा बच जाता है जो हवा से नहीं आया था, बल्कि उसके बजाय ठोस जमीन से आया था। ये सब सुन्दर चीजें हैं और विज्ञान की विषयवस्तु इनसे भरी पड़ी है। ये बहुत प्रेरणा देने वाली हैं और इनका उपयोग दूसरों को प्रेरित करने के लिए किया जा सकता है।

फाइनमैन जब उनके आसपास के संसार और उसके आन्तरिक क्रियाकलापों की बारीकियों पर चिन्तन करते हैं तब वे **आश्चर्य** और **प्रेरणा** के भावों की सम्भावित क्षमता पर जोर देते हैं।

आश्चर्य का यह भाव नए द्वार खोलता है और उत्तर खोजने के लिए नए सवाल खड़े करता है। यह ऐसी जिज्ञासा की शुरुआत होती है जो और ज्यादा सवालों को प्रेरित करती है। वे सुझाते हैं कि प्रकृति के बारे में हमारे कुछ सबसे ज्यादा विस्मित करने वाले सवालों के उत्तर खोजने में विज्ञान हमारी मदद करता है। विज्ञान कोई गैर-लचीली सख्त विधि नहीं होता, न ही वह केवल ऐसे तथ्यों तथा जानकारियों से ठाँसकर भरा हुआ होता है, जिनको हमें किसी परीक्षा को पास करने के लिए याद रखने की जरूरत होती है। बल्कि वह एक समृद्ध तथा रोमांचक प्रक्रिया, एक कौतुहल से भरा अभियान और संसार के रहस्यों को उजागर करने का सफर होता है।

जुड़ाव और जोश की यह अनुभूति उससे एकदम विपरीत होती है, जिस तरह बहुत से स्कूली विद्यार्थी विज्ञान के बारे में सोचते हैं। विज्ञान को अक्सर अलग-थलग मनमाने तथ्यों और नासमझ गतिविधियों से भरा हुआ, बहुत रूखे और उबाऊ विषय की तरह देखा जाता है (जैसा कि इस लेख के आरम्भ में दिए गए उद्धरण से जाहिर होता है)। यहाँ यह स्पष्ट कर दें कि हम यह नहीं कह रहे हैं कि वैज्ञानिक तथ्य और सिद्धान्त महत्त्वपूर्ण नहीं होते। न ही हमारे कहने का अभिप्राय यह है कि वैज्ञानिक पद्धति कठोर और परिश्रम माँगने वाली नहीं होती, या कि वह अपने आप में एक ऐसा कारण नहीं होती जो कुछ वैज्ञानिकों को प्रेरित करता है। हमारा उद्देश्य यह दर्शाना है कि जो बात वैज्ञानिकों को प्रेरित करती है, वह मात्र तथ्य या विधि, या कोई सहायक कारण (जैसे कि आर्थिक रूप से व्यावहारिक होना) भर नहीं होती, बल्कि उसमें उनका वह जुनून भी शामिल रहता है जो किसी खोज के पीछे लगने के रोमांच से पैदा होता है। उसमें शामिल रहती है वैज्ञानिक विचारों की सुन्दरता, शोभा और समझा सकने की शक्ति। इस लेख की शुरुआत में दिया गया आइंस्टीन का उद्धरण दर्शाता है कि विज्ञान कोई भावरहित, उदासीन गतिविधि नहीं है। वह उतना ही तथ्यों के बारे में होता है, जितना कि वह विस्मय, जोश, भावना और सुन्दरता के बारे में होता है। इसी को हम **सौन्दर्यबोध** का दृष्टिकोण कहते हैं।

शोध क्या कहता है?

हम ऐसा क्या कर सकते हैं जो हमारे विद्यार्थियों के लिए विज्ञान को जीवन्त बना दे? उन्हें हम किस तरह वैज्ञानिक विचारों की सुन्दरता और आश्चर्य को सराहने में समर्थ बना सकते हैं? जैसे कि कैसा रहेगा अगर हम सौन्दर्यबोध के कुछ ऐसे तत्वों, जिनकी वैज्ञानिक बात करते हैं, को विज्ञान शिक्षण में अग्रणी भूमिका प्रदान करें? तब क्या होगा? क्या तब विद्यार्थी जो सीख रहे हैं, उसके प्रति उनकी प्रतिक्रिया भिन्न होगी? क्या तब विज्ञान के बारे में और विज्ञान **करने** का क्या मतलब है इसके बारे में उनकी धारणाएँ बदल जाएँगी?

एक शैक्षणिक शोधकर्ता मार्क गिरोड ने इन सवालों के उत्तर खोजने की कोशिश की। उनका तर्क था कि सौन्दर्यबोध का अनुभव केवल कला विषयों तक ही सीमित नहीं है, बल्कि वह विज्ञान करने और सीखने का भी अभिन्न अंग है। उनका सुझाव था कि विज्ञान की गतिविधियों को करने के भावनात्मक और लगाव पैदा करने वाले पहलुओं के आधार पर इन गतिविधियों को निर्मित करके हम अपने विद्यार्थियों को प्रकृति और विज्ञान के बारे में विस्मित होकर ज्यादा गहराई से सोचने के लिए प्रेरित कर सकते हैं। उनकी जिज्ञासा और रुचि को उकसा सकते हैं और इस तरह विज्ञान सीखने के उनके अनुभव को रूपान्तरित कर सकते हैं।

मार्क ने अपने शोध में चौथी कक्षा के दो विज्ञान शिक्षकों का अध्ययन किया। इन शिक्षकों में से एक, मिज पार्कर, एक अनुभवी और पारंगत शिक्षिका थीं। वे तथ्यों और अवधारणात्मक समझ पर ध्यान केन्द्रित करते हुए पारम्परिक तरीके से विज्ञान पढ़ाती थीं। दूसरे शिक्षक, मिस्टर स्मिथ, भी एक अनुभवी शिक्षक थे, लेकिन उनका जोर भिन्न बातों पर था। मिस्टर स्मिथ ने अपनी कक्षा को रोमांच और रुचि का पोषण करने की दृष्टि से रचा था। इसके लिए विषयवस्तु को विचारों में निहित उस शक्ति के आधार पर संयोजित किया गया था, जो प्रेरित करती है और देखने के नए नजरिए देती है। जो विद्यार्थियों को संसार को ऐसे नए तरीकों से अनुभव करने के अवसर प्रदान करती है जिनसे निरन्तर विज्ञान की सुन्दरता का बोध कराने वाले और कलात्मक पहलू उभरते हैं। उदाहरण के लिए, कक्षा को किसी बगीचे में फूलों के सौन्दर्य को सराहते हुए संचालित करना, और ऐसे सवाल गढ़ना जो, उदाहरण के तौर पर, यह समझाने में मदद करते हैं कि फूल को अपना रंग कहाँ से प्राप्त होता है।

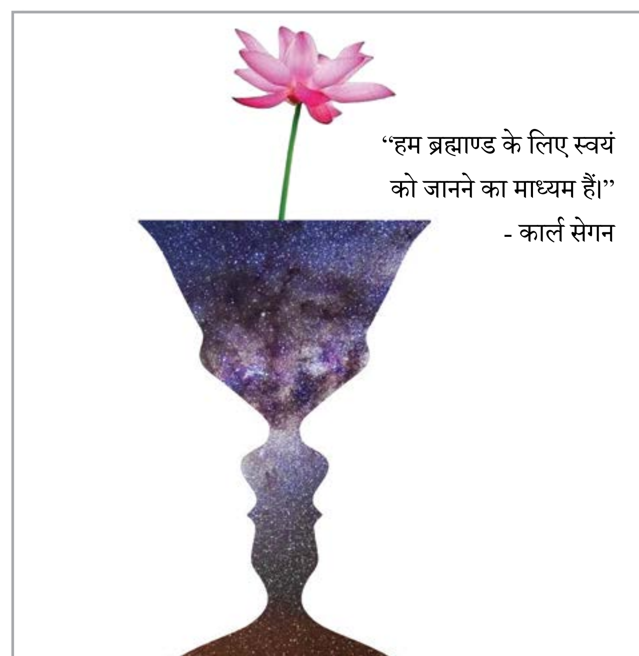
मार्क के शोध ने दर्शाया कि आखिर में न केवल मिस्टर स्मिथ की कक्षा के विद्यार्थियों ने मानक परीक्षाओं में मिज पार्कर की कक्षा के विद्यार्थियों से बेहतर प्रदर्शन किया, बल्कि उन्होंने वैज्ञानिक विचारों से अधिक लगाव भी दर्शाया, यह कहते हुए कि उन्होंने उन विचारों की चर्चा कक्षा के बाहर अपने परिवार और मित्रों के साथ भी की थी। संक्षेप में, मिस्टर स्मिथ की कक्षा के विद्यार्थी विस्मित होकर सोचने की ओर आकर्षित हुए थे। वे वैज्ञानिक विचारों पर दूसरों के साथ चर्चा करने को प्रेरित हुए थे और उन्हें संसार को वैज्ञानिक विचारों के चश्मे से देखने में आनन्द आया था।

शिक्षक एक सौन्दर्यबोध पूर्ण कक्षा कैसे निर्मित कर सकते हैं?

तो मिस्टर स्मिथ ने अपनी कक्षा में क्या किया था? जिन शिक्षकों को यह जानने में दिलचस्पी हो, वे मार्क के अध्ययन को पढ़ सकते हैं। यहाँ हम ऐसे तीन सुझाव प्रस्तुत कर रहे हैं जिनका मिस्टर स्मिथ ने अपनी कक्षा में सफलतापूर्वक उपयोग किया।

सुझाव 1 : विषयवस्तु को आकर्षक रूपकों और देखने के भिन्न दृष्टिकोणों में संयोजित करना

मौसम तथा वायुमण्डल के विषय को पढ़ाने के दौरान, मिस्टर स्मिथ ने केवल उससे सम्बन्धित शब्दावली और तथ्यों का वर्णन ही नहीं किया, बल्कि उन्हें शक्तिशाली रूपकों के द्वारा वास्तविक रूप से जीवन्त बनाया। उदाहरण के लिए, उन्होंने अपने विद्यार्थियों को घास पर लेटकर ऊपर आकाश को निहारने के लिए कहा। उन्हें हवा के उस महासागर के बारे में बताया जो 17 मील गहरा है और जो उन पर चारों ओर से दबाव डालता है। दूसरे शब्दों में, उन्होंने कुछ शक्तिशाली तथ्यों को अपने विद्यार्थियों के साथ साझा किया - एक विस्मय का भाव पैदा करने के प्रयास में संसार को देखने के अलग नजरियों के विचार दिए। घास पर लेटे हुए मीलों के विस्तार वाले विराट आकाश को देखते हुए, और एक मिसाल की तरह हवा के महासागर के बारे में सोचने की प्रक्रिया ने मिस्टर स्मिथ के विद्यार्थियों में सौन्दर्यबोध के तार को छेड़ दिया, जो कक्षा में एक सामान्य व्याख्यान नहीं कर सकता था।



चित्र 1 : विज्ञान ब्रह्माण्ड के सौन्दर्य से जुड़ने के सबसे शक्तिशाली तरीकों में से एक है। हम विज्ञान का उपयोग जगत को समझने के लिए करते हैं तथा इस प्रक्रिया में विकसित होने वाली अपनी समझ और उसके निरूपण में सुन्दरता पाते हैं। आभार : पुण्य मिश्रा का चित्र जिसे क्रिएटिव कॉमन्स लाइसेंसेज के अन्तर्गत उपलब्ध छवियों से निर्मित किया गया । पुर्नउपयोग के लिए शीर्षक संशोधित किया गया।

इसे कैसे अमल में लाएँ : जब आप किसी रूपक या उपमा की कल्पना करते हैं तो यह सुनिश्चित करें कि आप कोई ऐसा विचार प्रस्तुत करें जो मिलते-जुलते भौतिक सिद्धान्तों पर काम करता हो। शिक्षक के रूप में आपके कार्य को तब ज्यादा ताकत मिलती है जब रूपक से वास्तविक विषय की ओर भौतिकविज्ञान के नियमों को हस्तान्तरित करने की सुगमता आपके विद्यार्थियों के लिए उसके अनुभव को अर्थपूर्ण बना देती है। ऊपर दिए गए उदाहरण में, चूँकि हवा और पानी दोनों प्रवाहित होने वाले पदार्थ (फ्लूइड) हैं, इसलिए इस रूपक के अवधारणात्मक अभिप्राय को समझने में और इन विचारों को याद रखने में विद्यार्थियों को मदद मिलती है।

सुझाव 2 : वैयक्तिक और सीखने वाले की ओर उन्मुख बनाना

मिस्टर स्मिथ निरन्तर अपने विद्यार्थियों को विज्ञान को देखने और उसके साथ काम करने में समर्थ बनाने के लिए ऐसे तरीकों को आजमाने की कोशिश करते थे जो एक-एक विद्यार्थी के लिए निजी तौर पर उपयुक्त होते थे। वे उनसे उनके जीवन से ली गई विज्ञान से सम्बन्धित कहानियों को आपस में साझा करने के लिए सवालों के द्वारा प्रेरित करते थे। जैसे कि "कल बहती हुई हवा का ख्याल किसको आया? तुमने किस बारे में सोचा?" उनके विद्यार्थियों ने विज्ञान में जो सीखा होता था उसके आधार पर वे उन्हें संसार को फिर से नए तरीकों से देखने की ओर प्रेरित करते थे। वे **स्वयं** विज्ञान के चश्मे से संसार को जिस तरह से देखते थे उसके प्रतिरूप को अपने विद्यार्थियों के सामने रखते थे। उसमें जान-बूझकर ऐसे शब्दों का इस्तेमाल करते थे जो कला, सुन्दरता और विज्ञान के सम्बन्ध को प्रदर्शित करते थे। जब वे पारम्परिक वर्कशीट का भी इस्तेमाल कर रहे होते थे, तब वे उसमें कम-से-कम एक प्रश्न ऐसा शामिल कर देते थे जो विद्यार्थियों को विज्ञान की विषयवस्तु के साथ उनके निजी अनुभवों पर टिप्पणी करने का मौका देता था। इसमें, सौन्दर्यबोध की प्रेरणा विद्यार्थी के विज्ञान के अनुभव का विस्तार कर सकती है और उसे अधिक समृद्ध बना सकती है।

इसे कैसे अमल में लाएँ : इस बात पर विचार करना बहुत महत्त्वपूर्ण है कि आप यह जानें कि विद्यार्थी किस चीज की परवाह करते हैं - व्यक्तिगत रूप से उनकी तुलनात्मक पसन्दों

और रुचियों के बारे में जानने से आपके लिए उनके जीवन में प्रवेश करने की एक खिड़की खुल जाती है। फिर आप विज्ञान के उन पहलुओं पर जोर दे सकते हैं जो उनके जिए गए अनुभवों से ऐसे तरीकों से जुड़ जाते हैं जिनके बारे में हो सकता है कि उन्होंने पहले कभी भी न सोचा हो। यह उस अवधारणा को उनके मन में सजीव बना देता है और उनके दैनिक जीवन को समृद्ध बनाता है।

सुझाव 3 : ऐसी सामूहिक गतिविधियाँ विकसित करना जो विज्ञान सीखने में सौन्दर्यबोध के अनुभव पर जोर देती हैं

मिस्टर स्मिथ ने अपनी कक्षा के लिए ऐसी गतिविधियों की शृंखला निर्मित की जिनका स्वरूप विद्यार्थियों में सुन्दरता की समझ को उभारने और संसार को देखने के नए तरीकों को सुगम बनाने के लिए रचा गया था। विद्यार्थियों से यह देखने के लिए कहा गया कि चित्रकार किस तरह आकाश का उपयोग भाव को व्यक्त करने के लिए करते हैं। या उनसे वास्तव में ऐसी कलात्मक गतिविधियाँ करवाना जो ऐसे ही विचारों को मूर्तरूप देने का प्रयास करती थीं। वे कक्षा में सीखे गए वैज्ञानिक विचारों को प्रकृति में देखने के लिए विद्यार्थियों को 'क्षेत्र भ्रमण (फील्ड ट्रिप)' - स्कूल के आसपास के इलाके में छोटे पैदल भ्रमण - पर ले जाते थे। वे उनसे गम की गोलियों (गमड्राप्स) तथा दाँत कुरेदने की तीलियों (टूथपिक्स) से मॉडल बनवाते थे और साथ ही मौसम की आने वाली घटनाओं के गढ़े गए नाट्यरूपों के खेल खिलवाते थे।

इसे कैसे अमल में लाएँ : वैज्ञानिक विचार शक्तिशाली तो होते हैं, पर वे हमारे लिए अक्सर पराए और अनजाने भी होते हैं। अन्तरिक्ष की विराटता और सौर मण्डल के पैमाने पर ही विचार करें। इस पैमाने को वास्तविक बनाने से विद्यार्थियों को उसे सौन्दर्यबोध के साथ अनुभव करने का और विस्मय तथा आश्चर्य से अभिभूत होने का अवसर मिलता है। अपने खेल के मैदान में विद्यार्थियों से आपस में मिल-जुलकर सौर मण्डल का सजीव प्रतिरूप बनवाएँ और सूर्य से ग्रहों की सापेक्षिक दूरियों की गणना करवाएँ। दूरी निरूपित करने का एक पैमाना बनाएँ, और एक विद्यार्थी को सूर्य बनने दें, जबकि अन्य विद्यार्थी विभिन्न ग्रह बन जाएँ। वे एक-दूसरे से कितनी दूरी पर खड़े होंगे? क्या स्कूल के अहाते से बाहर निकले बगैर उतनी दूर जाना सम्भव भी होगा जितनी दूर वरुण (नैपच्यून) या प्लूटो स्थित होंगे? यदि एक विद्यार्थी प्रकाश की किरण बन जाए तो उसे सूर्य से नैपच्यून तक की दूरी तय करने में कितना समय लगेगा? और फिर, सबसे पास वाले अगले तारे के उनसे 4 प्रकाश वर्ष की दूरी पर होने की कल्पना करें! अपने विद्यार्थियों से इन दूरियों और पैमानों को दृश्यात्मक रूप से तथा चित्रात्मक तरीके से निरूपित करने का प्रयास करवाएँ।



चित्र 2 : सुन्दरता के पैमानों के दो छोरों के बीच सम्बन्ध जोड़ना। ब्रह्माण्ड की विराट भव्यता से लेकर परमाणु से भी सूक्ष्म कणों की बारीकियों तक, सौन्दर्य हमारे चारों ओर है। (अति सूक्ष्म से लेकर अति विराट तक की) इन अनन्तताओं को मनुष्य की बुद्धि आपस में जोड़कर सेतु बनाती है - वह यह काम करते हुए गणित की सुन्दरता है। आभार : पुण्य मिश्रा का चित्र जिसे क्रिएटिव कॉमन्स लाइसेंसेज के अन्तर्गत उपलब्ध छवियों से निर्मित किया गया। पुनर्उपयोग के लिए शीर्षक को संशोधित किया गया।

निष्कर्ष

यदि विज्ञान हमें अपने आसपास के संसार को नए और रूपान्तरित करने वाले तरीकों से देखने की सुविधा देता है, तो हमारा काम इस नए ढंग से देखने की प्रक्रिया को सुगम बनाना है। यह दर्शाने वाले शोध मौजूद हैं कि विद्यार्थी किस तरह विज्ञान को देखते हैं इसका एक महत्त्वपूर्ण कारक विज्ञान की प्रकृति के बारे में शिक्षक की धारणाएँ होती हैं। हमें उस सख्त बँधे हुए पाठ्यक्रम से थोड़ा दूर हटने की जरूरत है जो केवल परीक्षाओं में सफलता पर ध्यान केन्द्रित करता है। इसकी बजाय विस्मय और वैज्ञानिक विचारों की सुन्दरता के एहसास को अपनी कक्षाओं में लाने की जरूरत है। हम आशा करते हैं कि यहाँ दिए गए ये तीन व्यापक सुझाव उन तमाम अलग-अलग तरीकों की शुरुआत भर हैं जिनके द्वारा हमारे विद्यार्थियों के मन और जीवन में विज्ञान के विचार सजीव रूप ले सकते हैं।

References

1. Girod, M. (2001). *Teaching for aesthetic understanding in a 5th grade science classroom.* (Doctoral Dissertation). Michigan State University, East Lansing MI.
2. Girod, M., Twyman, T., & Wojcikiewicz, S. (2010). Teaching and learning science for transformative, aesthetic experience. *Journal of Science Teacher Education*, 21, 801-824.
3. Girod, M., Rau, C., & Schepige, A. (2003). Appreciating the beauty of science ideas: Teaching for aesthetic understanding. *Science Education*, 87(4), 574-587.
4. Girod, M. & Wong, D. (2001). An aesthetic (Deweyan) perspective on science learning: Case studies of three fourth graders. *The Elementary School Journal*, 102(3), 199-224.
5. Flannery, M. C. (1991). Science and aesthetics: A partnership for science education. *Science Education*, 75(5), 577-593. doi:10.1002/sce.3730750507.



रोहित मेहता (email: mehtaro3@gmail.com, web: mehtarohit.com) तथा **सारा कीनन** (email: keenans1@msu.edu , web: sarahfkeenan.com) मिशिगन स्टेट यूनिवर्सिटी में एजुकेशनल साइकोलोजी एण्ड एजुकेशनल टैक्नोलोजी में डाक्टरेट कर रहे विद्यार्थी हैं। रोहित का शोध वैज्ञानिक साक्षरता और नए जनसंचार माध्यमों के युग में साक्षरता पर है, और सारा की दिलचस्पी सृजनात्मक वैज्ञानिक गतिविधियों तथा साथ ही न्यायसंगत ढंग से विज्ञान सिखाने और सीखने में है।



यह लेख **डॉ. पुण्य मिश्र** (email: punya@msu.edu web: punyamishra.com) तथा **डॉ. ऐन्जेला कालाब्रीज बार्टन** (email: acb@msu.edu , web: barton.wiki.educ.msu.edu) द्वारा सम्पादित किया गया है, जो मिशिगन स्टेट यूनिवर्सिटी के कालेज ऑफ एजुकेशन में प्रोफेसर हैं। **अनुवाद :** सत्येन्द्र त्रिपाठी

रिचर्ड फर्नांडिस के साथ साक्षात्कार



रिचर्ड फर्नांडिस बेंगलूरु के एक 'वैकल्पिक' स्कूल, सेंटर फॉर लर्निंग (सीएफएल), के सह-संस्थापक हैं। वहाँ उन्होंने भौतिकविज्ञान सीखने का प्रयोगशाला-आधारित पाठ्यक्रम विकसित किया और उसे लागू किया। वे इस कथन में मजबूती से विश्वास करते हैं कि "भौतिकविज्ञान सीखने का सर्वोत्तम तरीका उसे करने के द्वारा सीखना होता है।" उन्हें कबाड़खानों में मिलने वाले सामान से या फेंक दिए गए उपकरणों से प्रयोगशाला में इस्तेमाल होने वाले उपकरण बनाने में आनन्द आता है। इस बातचीत में वे माध्यमिक तथा हाई स्कूल में भौतिकविज्ञान के शिक्षक होने के अपने अनुभवों को हमारे साथ साझा कर रहे हैं।

विज्ञान शिक्षक के रूप में, विशेष रूप से माध्यमिक स्कूल के स्तर पर, अपने कार्य के बारे में हमें कुछ बताइए।

मैंने एक छोटे 'वैकल्पिक' स्कूल में, जिसे मेरे सहित कुछ शिक्षकों के समूह ने आरम्भ किया था, माध्यमिक से लेकर हायर सैकेण्डरी के स्तर तक के विद्यार्थियों के लिए भौतिकविज्ञान की एक शैक्षणिक प्रयोगशाला स्थापित की। जो शैक्षणिक कार्यक्रम मैंने निर्मित किया उसकी अनोखी बात यह थी कि प्रयोग तथा सिद्धान्त उस विषय के दो अलग-अलग पहलू नहीं थे। कक्षाएँ प्रयोगशाला में ही लगती थीं। विद्यार्थी शायद ही कभी 'पढ़ाए' जाने के लिए बैठते थे। वे अधिकांश समय खड़े हुए कुछ-न-कुछ करते रहते थे।

इस प्रयोगशाला को स्थापित करने में अधिक पैसा नहीं लगा। इसके अधिकांश उपकरण मेरे द्वारा बढ़ईगीरी और साधारण मशीनों पर काम करने के बहुत ही बुनियादी कौशलों तथा उपकरणों का उपयोग करके बनाए गए थे। इसकी सामग्री के प्रमुख स्रोत बेंगलूरु के आसपास की कबाड़ियों की दुकानें और 'चोर बाजार' थे। लेकिन इसका यह मतलब नहीं था कि हमारे प्रयोग फूहड़ या अपरिष्कृत थे। पर ऐसे सरल उपकरणों का इस्तेमाल करने की गतिविधि ने इकट्ठी की जाने वाली जानकारी या अध्ययन की जाने वाली प्राकृतिक घटनाओं के साथ एक सम्बन्ध का एहसास पैदा किया। यह उस काले बक्से वाली पद्धति के ठीक विपरीत है जिसका उपयोग आज भी इंजीनियरिंग तक की शिक्षा में किया जाता है। जहाँ प्रयोगों को वैज्ञानिक उपकरण बनाने वाले किसी निर्माता द्वारा तैयार करके एक चमकदार बक्से में सील कर दिया जाता है और उससे प्रायोगिक परिणाम प्राप्त करने के लिए साथ में हिदायतों की एक पुस्तिका दे दी जाती है।

आपको किस चीज ने विज्ञान शिक्षक बनने के लिए प्रेरित किया?

जिन चीजों में मुझे मजा आता है उन्हें दूसरों के साथ साझा करने का आनन्द शायद इसमें सबसे प्रमुख है। इसके अन्य कारणों में समाज में व्याप्त अन्धविश्वास और रूढ़िवाद से छुटकारा पाने के लिए मुझसे जो बन सके उसे करने का मिशनरियों के जैसा जुनून शामिल है। मुझे नफील्ड फाउण्डेशन के उस कार्य ने अत्यधिक प्रेरित किया, जिसने विद्यार्थियों के अनुकूल अभी तक के सबसे परिपूर्ण विज्ञान शिक्षा कार्यक्रमों में से एक को विकसित किया। मैंने उनके द्वारा विकसित की गई सामग्री का भरपूर उपयोग किया। लेकिन मुख्यधारा की स्कूली व्यवस्था में विषयवस्तु पर दिए जाने वाले जोर और उसे एक निर्धारित समय के भीतर पूरा कर दिए जाने के दबाव के चलते, मैं खुद को उसमें एक विज्ञान शिक्षक होने की तरह नहीं देख सकता।

दैनिक आधार पर आप कक्षा के लिए किस तरह तैयारी करते हैं?

अब मैं स्कूल स्तर का विज्ञान नहीं पढ़ाता। जब मैं वह पढ़ाता था तब किसी कक्षा के लिए तैयारी करने का मतलब होता

था उपकरणों को आलमारियों से बाहर निकालना और यह सुनिश्चित करना कि सब चीजें ठीक से काम कर रही हैं। आम तौर पर मेरे पास एक पाठ योजना होती थी, पर यदि कक्षा की गतिविधि कोई रोचक मोड़ ले लेती थी तो उसे मैं एक तरफ रख देता था। किसी बँधे हुए पाठ्यक्रम के बोझ से न दबे होने का यह एक बड़ा लाभ है।

यदि किसी आम दिन कोई आपकी कक्षा में आता तो उसे क्या दिखाई देता?

कई लिखित या मौखिक निर्देशों को समझकर उनका अनुसरण करते हुए विद्यार्थी, जो प्रयोगों के किसी समूह को निर्मित कर रहे होते और उन प्रयोगों को कर रहे होते, तथा उनके परिणामों पर चर्चा कर रहे होते, उनसे तर्कसंगत, परन्तु जरूरी नहीं कि सही, निष्कर्ष निकाल रहे होते। यदि वह वांछित निष्कर्ष महत्त्वपूर्ण होता तो फिर मेरे द्वारा उन्हें उस तक पहुँचने के लिए मार्गदर्शन दिया जाता हुआ, यह सब दिखाई देता। ये सब गतिविधियाँ अक्सर चहल-पहल और शोर-शराबे वाली होती हैं, और मेरा बहुत-सा प्रयास किन्हीं भी दुर्घटनाओं को रोकने में जाता है।

क्या ऐसे विज्ञान शिक्षकों के लिए कोई सलाह है जिनके पास अपने विद्यार्थियों में दिलचस्पी पैदा करने के लिए बड़े विचार हो सकते हैं, पर जो शायद यह तय नहीं कर पाते कि उन्हें अमल में किस तरह से लाया जाए?

विज्ञान में प्रारम्भिक रुचि प्राकृतिक और मानव-निर्मित, दोनों प्रकार की चीजें कैसे और क्यों काम करती हैं यह जानने की इच्छा में निहित होती है। पहले उन चीजों को लें जो आसान पहुँच के भीतर होती हैं, ईमानदार और तर्कसंगत रहें, और हाथ हिलाकर टालने वाले कारण न दें। मैं मानता हूँ कि ऐसे कारण, जैसे कि "वैज्ञानिकों ने ऐसा पाया है" विद्यार्थियों को हतोत्साहित करते हैं, और उन्हें इन 'वैज्ञानिकों' के प्रति एक चकित भाव से भर देते हैं, और ज्यादा से ज्यादा वे ऐसे वैज्ञानिकों में से एक बनना चाहते हैं। दूसरी ओर यदि आप उनसे कहें कि "तुम्हीं वैज्ञानिक हो, अब अपनी खोज करो।" पहली पद्धति उन्हें महत्त्वाकांक्षी बनाती है, जबकि बाद वाली उन्हें वह आत्मविश्वास देती है जो उपलब्धि के साथ आता है।

राष्ट्रप्रेम को विज्ञान शिक्षा के कार्यक्रम का अंग न बनाएँ। हाई स्कूल के औसत विद्यार्थी के लिए रमन प्रभाव को समझना बहुत मुश्किल है, उसे अलग ही रहने दें।

क्या विज्ञान के लिए 'स्वाभाविक योग्यता' जैसी कोई चीज होती है? उसे पहचानने और उसका पोषण करने में विज्ञान शिक्षक की क्या भूमिका होती है?

यह एक शिक्षक के लिए खतरनाक क्षेत्र है। मेरा यह विश्वास है कि सभी विद्यार्थी समान रूप से समर्थ होते हैं और मैं उन सभी पर समान रूप से ध्यान देता हूँ। विद्यार्थियों में अलग-अलग चीजों के कारण अलग-अलग समय पर जोश आता है। विद्यार्थियों को आँकने में बहुत जल्दबाजी करना गलत होगा। बहुत बार ऐसा होता है कि जल्दी परिपक्व दिखने वाले और बेहतर अभिव्यक्ति वाले विद्यार्थियों को स्वाभाविक प्रतिभा वाला मान लिया जाता है।

मैंने देखा है कि कुछ विद्यार्थी विज्ञान को दूसरे विद्यार्थियों की तुलना में ज्यादा आसानी से अपनाते हैं। थोड़ी खोजबीन करने पर हमें पता चलता है कि इसकी वजह किसी अन्य बात की अपेक्षा सामाजिक अधिक होती है। विद्यार्थी बहुत-सी चीजें अपने परिवेश से, जैसे कि माता या पिता, बुजुर्ग रिश्तेदार या किसी मित्र से, लेते रहते हैं।

विलक्षण और अद्भुत प्रतिभावान व्यक्ति हमेशा प्रकट होने का कोई तरीका खोज लेंगे। जरूरत औसत विद्यार्थी को पोषण देने की होती है।

यदि आपके विद्यार्थियों को कोई बात 'पकड़ में नहीं आती', तब क्या? दूसरे शब्दों में यदि कोई पाठ आपके सभी विद्यार्थियों को समझ में नहीं आ रहा है, तो क्या आपके पास इसके समाधान के लिए कोई योजना होती है?

यदि विद्यार्थियों को कोई चीज समझ में नहीं आती, तो कोई दूसरा तरीका आजमाकर देखिए। किसी भी समस्या को देखने के कई तरीके होते हैं।

प्रभावशाली विज्ञान शिक्षकों के लिए किसी विषय में विशेषज्ञ स्तर की योग्यताएँ होना कितना महत्वपूर्ण है?

एक परिपूर्ण दोषरहित संसार में स्कूल के विज्ञान शिक्षकों के

> "प्रयोग तथा सिद्धान्त भौतिकविज्ञान सीखने के दो अलग-अलग पहलू नहीं थे। कक्षाएँ प्रयोगशाला में ही लगती थीं, और विद्यार्थी शायद ही कभी 'पढ़ाए' जाने के लिए बैठते थे। वे अधिकांश समय खड़े हुए कुछ-न-कुछ करते रहते थे।"

पास उनके खास विषय में शोधकार्यों से प्राप्त उपाधियाँ होंगी। इसलिए नहीं कि शोधकर्ता ज्यादा जानते हैं, बल्कि इसलिए क्योंकि वे जिस चीज का अध्ययन करते हैं उसमें से प्रयासपूर्वक जानकारी निकालने का कौशल वे विकसित कर लेते हैं। यह किसी विद्यार्थी को कुछ समझने में मदद करने के विभिन्न तरीके आजमाने की उनकी योग्यता को बढ़ा देगा। यह आपके पिछले सवाल का उत्तर भी है।

कोई शिक्षक किसी विद्यार्थी को स्कूल की पाठ्यपुस्तकों से बाहर के विज्ञान सम्बन्धी लेखों को पढ़ने के लिए किस तरह प्रेरित कर सकता है?

प्रयोगशाला में उदारतापूर्वक जगह-जगह जानकारी से भरे पोस्टर लगाएँ, जैसे कि नैशनल जियोग्राफिक पत्रिका द्वारा निकाले जाते हैं। यह विद्यार्थियों को उन विषयों में पढ़ने की अतिरिक्त सामग्री की खोजबीन करने के लिए प्रोत्साहित करता है। इधर-उधर लेखों को रखा रहने दें। इसके बारे में बहुत चिन्ता न करें कि वे विद्यार्थियों के उलटने-पलटने से खराब हो जाएँगे। उन पर कोई चीज थोपिए मत, बस कभी-कभार एक सुझाव देना पर्याप्त होता है। एक खुला पुस्तकालय जिसमें लोकप्रिय विज्ञान पत्रिकाओं को उपलब्ध करवाने के लिए जो भी बचत का पैसा हो वह खर्च किया जाए, तो इससे बहुत मदद मिलती है। उन्हें आपको पढ़ते हुए देखने का मौका दें, यह उन्हें भी वैसा करने के लिए प्रेरित करता है।

माध्यमिक स्कूल के शिक्षकों के लिए विज्ञान को उसकी शाखाओं (भौतिकविज्ञान, रसायनविज्ञान, जीवविज्ञान) में विभाजित किए बगैर समेकित ढंग से देखने का कितना महत्त्व है?

हम विज्ञान के विभिन्न क्षेत्रों को विभाजित तरीके से सीखते हैं। ऐसा इन विषय क्षेत्रों की प्रकृति के कारण नहीं होता, बल्कि इसका कारण हमारी सुविधा होती है। प्रकृति इस ढंग से व्यवहार नहीं करती। इसलिए यह जरूरी है कि शिक्षकों को इसका एहसास रहे, और वे अपनी कक्षाओं में विषय क्षेत्रों के इस विभाजन पर अत्यधिक जोर न दें।

किसी ऐसी शिक्षण पद्धति या रणनीति का वर्णन करें जो विद्यार्थियों को जीवविज्ञान, रसायनविज्ञान या भौतिकविज्ञान की किसी अवधारणा को सीखने में सफलतापूर्वक मदद करती हो?

इसके लिए वैज्ञानिक पद्धति का अनुसरण करें, अर्थात प्रयोग करें, उसका सार निकालें, पूर्वानुमान लगाएँ और उसका परीक्षण करें।

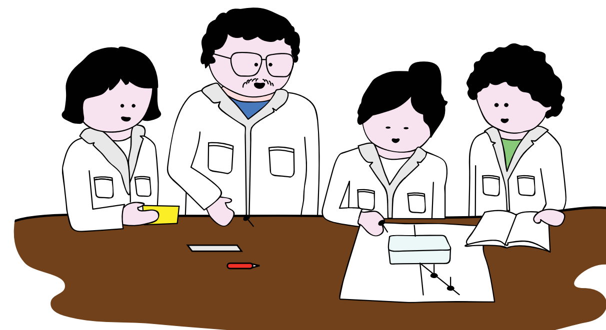
क्या आपने शिक्षा देने में कभी विद्यार्थियों के बीच में भेद करते हुए उन्हें शिक्षा देने का तरीका इस्तेमाल किया है?

कक्षा की परिस्थिति में मैंने किसी प्रकार के भेदभाव वाली शिक्षा प्रदान नहीं की है। इसके बजाय मैं एक-एक विद्यार्थी का अलग-अलग आकलन करना ज्यादा पसन्द करता हूँ।

माध्यमिक स्कूल के विज्ञान शिक्षण में : क) प्रयोगों, ख) कम्प्यूटरों, ग) स्थान-आधारित अनुभवों तथा घ) कहानी कहने की क्या भूमिका होती है? इनके बारे में आपके क्या अनुभव हैं? एक शिक्षक को इन चीजों का कक्षा में किस तरह समावेश करना चाहिए?

इसमें कतई कोई सन्देह नहीं है कि प्रयोगों तथा स्थान-आधारित अनुभवों की विज्ञान शिक्षण में केन्द्रीय भूमिका होती है। हमें विज्ञान को तथ्यों के एक समूह या प्राकृतिक घटनाओं की व्याख्याओं की एक ऐसी शृंखला की तरह नहीं पढ़ाना चाहिए जो विद्यार्थियों को आसानी से दिखाई न देती हो। हमें विद्यार्थियों को उनके आसपास की चीजों के बारे में अवलोकन करने के लिए प्रोत्साहित करना चाहिए, उनको आलोचनात्मक प्रश्न पूछना सिखाना चाहिए, और फिर नियंत्रित प्रयोग करना चाहिए। मैं विद्यार्थियों से प्रयोग करवाए बिना विज्ञान पढ़ाने की कल्पना भी नहीं कर सकता। जब आप घनत्व के बारे में पढ़ाते हैं, तो एक ईंट के द्रव्यमान और आयतन का मापन करें, इनका उपयोग करके उसके घनत्व की गणना करें, और फिर इसका उपयोग कक्षा की दीवारों के वजन का या एक ट्रक में भरी मिट्टी के वजन का अनुमान लगाने के लिए करें। इससे जो तात्कालिक अनुभव उपलब्ध होता है वह घनत्व के उपयोग वाले एक दर्जन सवालों को हल करने से ज्यादा मूल्यवान होता है।

कम्प्यूटरों को जरूरत से बहुत ज्यादा महत्त्व दिया जाता है और उनका विज्ञान की कक्षा में तब तक प्रवेश नहीं होना चाहिए जब तक कि कोई विद्यार्थी किसी प्रयोग को नियंत्रित करने के लिए वास्तव में उसका प्रयोग करना चाहता हो।



खोजों और उन्हें खोजने वालों के बारे में प्रचलित किस्से बहुत मूल्यवान होते हैं, जैसे कि जेम्स जूल का किस्सा जो हनीमून पर अपने साथ एक संवेदनशील थर्मामीटर ले गए जिससे उन्होंने

"... ऐसी टिप्पणियाँ, जैसे कि "वैज्ञानिकों ने ऐसा पाया है", विद्यार्थियों को हतोत्साहित करती हैं, और उन्हें इन 'वैज्ञानिकों' के प्रति एक चकित भाव से भर देती हैं, और ज्यादा से ज्यादा वे ऐसे वैज्ञानिकों में से एक बनना चाहते हैं। दूसरा तरीका है कि आप उनसे कहें कि "तुम्हीं वैज्ञानिक हो, अब अपनी खोज करो।" पहली पद्धति उन्हें महत्त्वाकांक्षी बनाती है, जबकि बाद वाली उन्हें वह आत्मविश्वास देती है जो उपलब्धि के साथ आता है।"

एक झरने के ऊपरी सिरे के पानी और निचले छोर के पानी के तापमानों के अन्तर को नापा। यह किस्सा किशोर विद्यार्थियों के समूह को हँसा देता है, लेकिन एक ऐसे विचार को उनके मन में बैठा देता है जो वैसे काफी दुरूह है।

शिक्षक विज्ञान तथा प्रौद्योगिकी में स्त्रियों के द्वारा ज्यादा भागीदारी को कैसे प्रोत्साहित कर सकते हैं?

मेरे विचार में, वैज्ञानिक कार्यस्थलों पर स्त्रियों की भागीदारी को लेकर यदि शिक्षकों के मन में कोई पूर्वधारणाएँ हैं, तो पहले उन्हें उन धारणाओं पर काम करना चाहिए। यदि ऐसी कोई पूर्वधारणाएँ नहीं हैं, तो शिक्षक लड़कों और लड़कियों के बीच में कक्षा या प्रयोगशाला में कोई भेदभाव नहीं करेंगे। यदि कोई पूर्वधारणा मौजूद रहती है, तो कितने भी नियम लड़कियों तक यह सन्देश पहुँचने से नहीं रोक सकते कि वे अच्छा प्रदर्शन करने के लिए लड़कों जितनी ही योग्य नहीं होतीं।

यदि सीखने को उद्देश्य मानकर आप माध्यमिक स्कूल के लिए विज्ञान की एक आकलन प्रक्रिया को निर्मित करें तो वह कैसी दिखेगी?

जब एक कम उम्र के विद्यार्थी विज्ञान सीखते हैं, तो वे जिस जानकारी को सोख लेते हैं, वह काफी प्राथमिक स्तर की होती है। जैसे-जैसे वे विद्यार्थी शैक्षिक व्यवस्था में आगे जाते हैं, वैसे-वैसे उस जानकारी में अनेक परिष्कार होते जाते हैं। परन्तु दूसरी ओर, अवलोकन की विधियों का स्वाभाविक चरित्र वैसा ही बना रहता है, और मैं उनको कहीं ज्यादा महत्त्व दूँगा। इन कारणों से, मैं माध्यमिक स्कूल के स्तर पर फोर्मेटिव असेसमेंट (सीखने की पूरी प्रक्रिया के दौरान किए गए निर्माणात्मक आकलन) पर जोर देता हूँ, और आम तौर पर किसी भी तरह के समेटिव असेसमेंट (सत्र के अन्त में किए जाने वाले योगात्मक आकलन) को नजरअन्दाज करता हूँ।

क्या स्पर्धा को एक सकारात्मक तनावरहित प्रक्रिया की तरह फिर से परिभाषित किया जा सकता है?

मैं यह विश्वास नहीं करता कि स्पर्धा तनावरहित हो सकती है।

विज्ञान के नाम पर आपने सबसे अजीब काम क्या किया है?

मैंने एक बार आवाज की आवृत्ति के दायरे (फ्रीक्वेंसी रेंज) को प्रदर्शित करने के लिए एक आसिलोस्कोप से जुड़े माइक्रोफोन में बहुत जोर से ऊँची कृत्रिम आवाज में गाया था। उसके परिणामस्वरूप चारों ओर हँसी (और चिढ़) फैल गई।

आपको किसी कक्षा में होने तथा माध्यमिक स्कूल का विज्ञान पढ़ाने के बारे में सबसे ज्यादा क्या अच्छा लगता है?

मेरी खुद की स्कूली शिक्षा पारम्परिक तरीके से हुई थी, अर्थात उसमें घिसे-पिटे प्रश्नों के घिसे-पिटे उत्तर होते थे, अवधारणाएँ जिन्हें याद करना होता था और सवाल जिन्हें हल करना होता था, उसमें अवलोकन और निष्कर्ष निकालने (डिडक्शन) पर कोई जोर नहीं दिया जाता था।

माध्यमिक स्कूल का विज्ञान पढ़ाने में मुझे विद्यार्थियों से आम प्रश्नों के चौंकाने वाले, किन्तु स्वाभाविक, उत्तर मिले। इसने मुझे दिखाया कि भौतिकविज्ञान अक्सर सहज ज्ञान के विपरीत होता था, और कई बार इसने उन चीजों के बारे में मेरा दृष्टिकोण बदल दिया जिनके बारे में मेरा ख्याल था कि मैं उन्हें अच्छी तरह जानता था।

पढ़ाने के दौर के कुछ ऐसे कौन से क्षण या घटनाएँ या स्मृतियाँ रहीं हैं जिनको आपने सबसे ज्यादा संजोकर रखा है?

मैंने एक बार हायर सैकेण्डरी की परीक्षा में बैठने वाले विद्यार्थियों के लिए एक आभासी प्रायोगिक परीक्षा (mock lab exam) आयोजित की। उसका सम्बन्ध एक ऐसी हैक-सा ब्लेड में स्थिर तरंगों (standing waves) का अवलोकन करने और उनकी सूची बनाने से था जिसे एक अपकेन्द्रित ढंग से जोर डाली गई (eccentrically loaded) और बदलती हुई गति वाली मोटर से उत्तेजित किया गया था। वे विद्यार्थी इस प्रयोग को पहली बार कर रहे थे। जब उनमें से एक विद्यार्थी ने पहली

> “आम तौर पर मेरे पास एक पाठ योजना होती थी, पर यदि कक्षा की गतिविधि कोई रोचक मोड़ ले लेती थी तो उसे मैं एक तरफ रख देता था। किसी बँधे हुए पाठ्यक्रम के बोझ से न दबे होने का यह एक बड़ा लाभ है।”

स्थिर तरंग को देखा और उत्तेजना में उसके मुँह से "वाह !" निकल पड़ा, और विद्यार्थियों से मिले इस तरह की अनेक "वाह !" के उद्गार जब उन्होंने कुछ ऐसा देखा जो ‘दिमाग को चकरा देने वाला और विस्मय से भर देने वाला’ होता है, ये ही सब मिलकर विज्ञान पढ़ाने के मेरे सबसे यादगार पल हैं।

क्या आपके पास ऐसे विद्यार्थियों के लिए कोई सलाह है जिन्हें एहसास होता है कि उन्हें विज्ञान पसन्द है या जो विज्ञान शिक्षक बनना चाहते हैं?

इसमें लम्बा समय लग सकता है, और इसके पहले कि आप सृजनात्मक बन सकें आपके सीखने के लिए बहुत कुछ होता है, बस धैर्यपूर्वक डटे रहें!

अनुवाद : सत्येन्द्र त्रिपाठी



सूक्ष्मदर्शी से देखते हुए

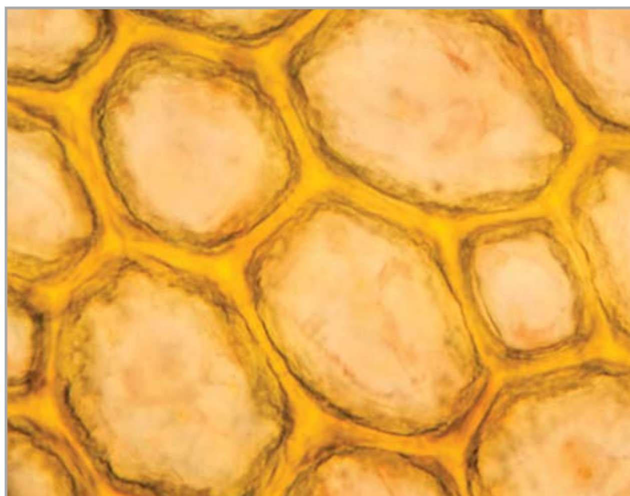
हरिणी बरत

आज जीवविज्ञान के अनेक क्षेत्रों में हो रहे उच्च-स्तरीय शोधकार्य का मुख्य आधार सूक्ष्मदर्शी (माइक्रोस्कोप)यंत्र होता है। इसका आविष्कार कब हुआ था? इसका प्रारम्भिक स्वरूप कैसा दिखता था? इसके कुछ नवीनतम प्रारूप कौन-से हैं और इनका उपयोग हम किन चीजों के लिए कर सकते हैं? यह लेख सूक्ष्मदर्शी यंत्रों में अभी हाल के दौर में हुई रोमांचक प्रगतियों का उल्लेख करने से पहले उनके इतिहास की कुछ झलकियाँ प्रस्तुत करता है।

"जहाँ दूरदर्शी समाप्त होता है, वहाँ सूक्ष्मदर्शी आरम्भ होता है। दोनों में से अधिक भव्य दृश्य किससे दिखता है?"

- विक्टर ह्यूगो, ले मिजराब्ल की बुक 3 अध्याय 3 से

हम में से बहुत थोड़े लोग उस स्मृति को भूल सकते हैं जब हमने पहली बार स्कूल के सूक्ष्मदर्शी यंत्र की चकरियों को आगे-पीछे घुमाने के बाद किसी पतले से धब्बेदार प्याज के छिलके से कोशिकाओं की के ईंटों की कतारों, जिनके बीच-बीच में साइटोप्लाज्म की बिन्दियाँ थीं, जैसे दृश्य को प्रकट होते हुए देखा था। अनेक प्रयोगशालाओं का यह अपरिहार्य औजार, सूक्ष्मदर्शी, एक ऐसा उपकरण है जो हमें उन वस्तुओं की जाँच-पड़ताल करने में मदद करता है जो हमारी नंगी आँखों से देखने के लिए जरूरत से ज्यादा छोटी होती हैं। इस शक्तिशाली आविष्कार ने कोशिकाओं तथा सूक्ष्मजीवों के उस संसार को हमारे लिए खोल दिया है जो



चित्र 1 : सूक्ष्मदर्शी के द्वारा देखा गया एक टमाटर का छिलका।

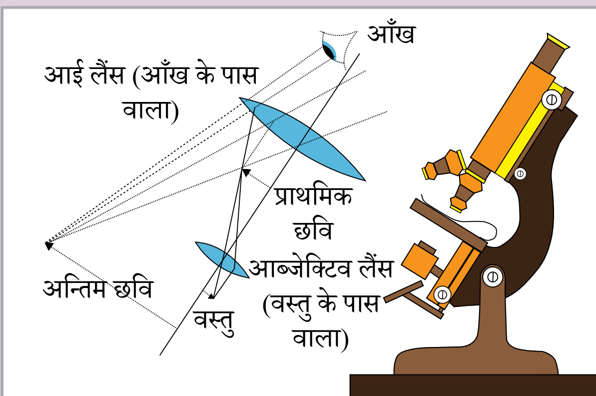
सरल तथा संयुक्त सूक्ष्मदर्शी

आम तौर पर एक सरल सूक्ष्मदर्शी किसी वस्तु को आवर्धित करने के लिए एक ही लैंस का इस्तेमाल करता है, काफी कुछ उस आवर्धक शीशे की तरह जिसे हाथ में लेकर पढ़ने के लिए इस्तेमाल किया जाता है। वान लीयुनैनहॉक के सूक्ष्मदर्शी अभी तक बनाए गए सबसे अच्छे सरल सूक्ष्मदर्शियों में से थे और उन्होंने 250Xसे भी अधिक स्तर के आवर्धन हासिल किए थे। इसका मतलब था कि जिस नमूने को देखा जा रहा होता था उसकी छवि का आकार मूल से 250 गुना से भी अधिक होता था। इसके बाद लगभग एक सदी से भी अधिक समय बीत गया, तब जाकर संयुक्त सूक्ष्मदर्शियों द्वारा इससे बेहतर आवर्धन हासिल किया जा सका।

सुझाया गया अभ्यास

विद्यार्थियों को एक आवर्धक शीशा दें। फिर उन्हें खुद से यह पता करने के लिए कुछ समय दें कि वे किस तरह उसे सबसे अधिक प्रभावशाली तरीके से इस्तेमाल कर सकते हैं। प्रयोग करने के लिए वे अपनी पाठ्यपुस्तक के एक पृष्ठ का उपयोग कर सकते हैं। उनसे पहले दोनों आँखों को खुली रखकर, और फिर एक आँख को बन्द करके, उस आवर्धक शीशे में से देखने को कहें। वे आवर्धक शीशे को अपनी आँखों से विभिन्न दूरियों पर रखकर भी आजमा सकते हैं। उनमें से कई को यह पता चलेगा कि एक आँख को बन्द करके दूसरी खुली आँख से आवर्धक शीशे को लगभग आधा फुट दूर रखने पर सबसे ज्यादा साफ छवि प्राप्त होती है। इस बात पर जोर दें कि हर व्यक्ति इसका इस्तेमाल अलग-अलग तरीके से करता है, और इसलिए प्रत्येक विद्यार्थी को यह पता करना चाहिए कि उसके लिए सबसे अच्छी तरह काम करने वाली स्थिति क्या है।

एक बड़ी पत्ती को एक सफेद कागज के पन्ने पर चिपकाएँ। फिर इसे एक बोर्ड पर लगा दें। विद्यार्थियों से आवर्धक शीशे को कागज के बहुत पास पकड़े रखकर शुरुआत करने के लिए कहें। फिर वे उसे धीरे-धीरे उससे दूर हटाएँ, हर दूरी पर रुकेंऔर अवलोकन करें कि पत्ती की छवि कैसे बदलती है। उन्हें बोर्ड से 3 या 5 अलग-अलग दूरियों पर (उदाहरण के लिए 6 इंच, 1 फुट, 2 फुट, 5 फुट) जो कुछ दिखाई देता है, उसका चित्र कॉपियों में बनाने को कहें। दूरी नापने के लिए विद्यार्थी नापने वाले फीते का इस्तेमाल कर सकते हैं। उन्हें आवर्धक शीशे से दिखाई देने वाली छवि के आकार और उसके भीतर की चीजों को लगभग हूबहू अपनी कॉपियों में उतारने की कोशिश करना चाहिए।



चित्र 2: लैंस तथा किरणों का रेखाचित्र यह दिखाता है कि एक संयुक्त सूक्ष्मदर्शी किस प्रकार वस्तु की एक आवर्धित, किन्तु उलटी छवि निर्मित करता है। Source: school physics.co.uk. URL: http://www.schoolphysics.co.uk/age16-19/Optics/Optical%20 instruments/text/Microscope_/index.html.

एक संयुक्त सूक्ष्मदर्शी में एक से अधिक लैंस होते हैं जो एक नली से जुड़े रहते हैं। जो लैंस देखे जाने वाले नमूने के सबसे पास होता है, उसे आब्जैक्टिव लैंस कहते हैं। आब्जैक्टिक लैंस के द्वारा बनाई गई छवि फिर आईपीस (आँख के पास वाला लैंस) - वह अन्तिम लैंस जिसमें से होकर देखने वाला आवर्धित छवि को देखता है - से और भी अधिक आवर्धित कर दी जाती है। सभी आधुनिक सूक्ष्मदर्शी संयुक्त सूक्ष्मदर्शी ही होते हैं। वे आवर्धक शीशे की तुलना में, उल्लेखनीय रूप से उच्च आवर्धन (लगभग 1000X या उससे भी ज्यादा) की क्षमता रखते हैं।

सुझाया गया अभ्यास

एक टूथपिक की नोंक को दही में डुबोकर दही की एक छोटी-सी बूँद को एक काँच की स्लाइड पर फैला दें। स्लाइड पर धीरे से एक कवरस्लिप (काँच की बहुत पतली परत) रख दें। अब इसे एक संयुक्त सूक्ष्मदर्शी से, धीरे-धीरे उसका आवर्धन बढ़ाते हुए देखें। आप छोटे कीटाणु को, अकेले या झुण्डों में, और भिन्न-भिन्न आकृतियों (छड़ या गेंद जैसी) देख सकेंगे। विद्यार्थियों को सूक्ष्मदर्शी में से जो कुछ दिखाई देता है, उसे वैसा ही कॉपियों में उतारने के लिए प्रोत्साहित करें।[2]

पहले अदृश्य था। आज भी सूक्ष्मदर्शी जीवनविज्ञान के कई क्षेत्रों, जैसे कि कोशिकाओं का जीवविज्ञान, के शोधकार्य की रीढ़ बने हुए हैं।

संक्षिप्त इतिहास

प्रारम्भिक सूक्ष्मदर्शियों के इतिहास का आरम्भ 1600 के शुरुआती दशकों से होता है। जहाँ यह तो स्पष्ट नहीं है कि उसका मूल आविष्कारक कौन था, वहीं यह माना जाता है कि 'सूक्ष्मदर्शी' शब्द 1625 में जिओवानी फेबर[1]नामक एक जर्मन चिकित्सक और जीववैज्ञानिक के द्वारा गढ़ा गया था जो गैलीलियो गैलिली के मित्र थे। उसके बाद के वर्षों में ही जैविक संरचनाओं की जाँच-पड़ताल करने और अवलोकनों को दर्ज करने के लिए सूक्ष्मदर्शी का अधिकाधिक इस्तेमाल किया जाने लगा था। उसके लगभग 50 वर्ष बाद, सूक्ष्मदर्शिकी (माइक्रोस्कोपी - सूक्ष्मदर्शी यंत्र के तकनीकी पहलू) के क्षेत्र में सबसे यादगार योगदान ऐन्टोनी वान लीयुनैनहॉक द्वारा दिया गया जिन्हें आज 'सूक्ष्म जीवविज्ञान के पिता' के रूप में सराहा जाता है।

वान लीयुनैनहॉक मूल रूप से परदों और लिनन के व्यापारी थे। पर वे लैंसों के प्रति आकर्षित हो गए, जो कि आवर्धक शीशे के रूप में धागों को गिनने के लिए इस्तेमाल किए जाते थे। फिर जल्दी ही उन्होंने लैंस बनाने की कला में महारथ हासिल कर ली। उन्होंने सैकड़ों लैंस और कई अलग-अलग प्रकारों के सरल सूक्ष्मदर्शी बनाए। इनमें पीतल की प्लेटों पर लगाए हुए छोटे लैंसों से बने सूक्ष्मदर्शी भी थे, जिनका आवर्धन उन संयुक्त सूक्ष्मदर्शियों से भी कहीं अधिक था जो उनके समकालीन अन्य लोग बना पा रहे थे। उस समय के इन अग्रणी सूक्ष्मदर्शियों ने वान लीयुनैनहॉक को पथ प्रवर्तन करने वाले बुनियादी अवलोकनों को करने की सुविधा दी। वे कोशिकाओं का अवलोकन करने वाले, कीटाणुओं तथा प्रोटोजोआ की खोज करने वाले, और पशुओं तथा पौधों के ऊतकों का और साथ ही खनिज क्रिस्टलों का अध्ययन करने वाले सबसे पहले लोगों में से थे।[3]

आज शोधकर्ता कोशिका के और भी ज्यादा भीतरी हिस्से को आवर्धित करके देखने का प्रयास कर रहे हैं। उनकी कोशिश सभी जीवन तंत्रों के बुनियादी कलपुर्जों - अर्थात जैव अणुओं (biomolecules) - की छानबीन करने और उनके फोटोग्राफ लेने की होती है। ऐसी एक अमूल्य तकनीक जिसके

कलाकारों के साथ मिलकर काम करना

आधुनिक सूक्ष्मदर्शी अपनी छवियाँ कम्प्यूटरों पर रिकार्ड करते हैं। इसलिए शोधकर्ताओं को अच्छे चित्र बनाने के उस कौशल की जरूरत नहीं होती जिसे अक्सर स्कूल के जीवविज्ञान में रिकार्ड करने और कॉपियों में उतारने के लिए आवश्यक समझा जाता है। लेकिन 17वीं और 18वीं शताब्दी के शोधकर्ता क्या करते थे? तब छवियाँ नक्काशियों के रूप में प्रकाशित की जाती थीं। यह करने के लिए छवि का एक चित्र बनाया जाता था और उसे फिर एक ताम्बे की प्लेट पर खोद या उकेर दिया जाता था, जिससे उसे छापा जाता था।

राबर्ट हुक ने अपने चित्र स्वयं बनाए थे। उनकी किताब में पौधों और कीटों की सबसे पहली सूक्ष्म छवियाँ प्रकाशित हुई थीं। वेवान लीयुनैनहॉक के समकालीन थे और सबसे पहली अत्यधिक बिकने वाली वैज्ञानिक पुस्तक **माइक्रोग्राफिया** के लेखक थे। परन्तु, वान लीयुनैनहॉक, उसमें उतने कुशल नहीं थे, और इसलिए वे कलाकारों के साथ काम करते थे जो उनके लिए छवियों को चित्रित करते थे। फिर एक नक्काश उनको प्लेट पर उकेरकर छापता था।[4]

सूक्ष्मदर्शिकी का क्षेत्र आज भी वैज्ञानिकों और चित्रकारों को साथ ला देता है। कई चित्रकार और फोटोग्राफर शक्तिशाली आधुनिक सूक्ष्मदर्शियों के द्वारा देखी गई ध्यान खींचने वाली



चित्र 3 : मनुष्य के यकृत (लिवर) का एक कोशाणु।
Source: National Institute of General Medical Sciences. URL: https://www.nigms.nih.gov/education/life-magnified/Pages/1b3_human-hepatocyte.aspx.

जबर्दस्त छवियों से प्रेरित होते हैं। वैज्ञानिकों के साथ उनके काम करने के फलस्वरूप अकसर चकित कर देने वाली छवियाँ निर्मित होती हैं, जिनमें से कुछ कला प्रदर्शनियों में, और अन्य हवाई अड्डों जैसे सार्वजनिक स्थानों में पहुँच जाती हैं, जहाँ वे विज्ञान को लोकप्रिय बनाने के एक ध्यान आकर्षित करने वाले तरीके जैसा काम करती हैं।[5]

कारण यह सम्भव हुआ है फ्लूरोसेंस माइक्रोस्कोपी है। जैव-रसायनशास्त्रियों ने ऐसे फ्लूरोसिंग अणुओं (ऐसे प्रोटीन जो किसी रंग के प्रकाश द्वारा उत्तेजित किए जाने के बाद स्वस्फूर्त ढंग से किसी अन्य रंग का प्रकाश उत्सर्जित करते हैं) के पूरे समूह को खोज निकाला है। इन लेबलों या चिन्हकों को ऐसे उन अन्य प्रोटीनों के साथ रासायनिक तरीके से संयुक्त कर दिया जाता है, जिनमें शोधकर्ताओं की दिलचस्पी होती है और जो अपना खुद का कोई प्रकाश उत्सर्जित नहीं करते। ऐसा करके शोधकर्ता उन प्रोटीनों को तब 'देखने' में समर्थ हो जाते है, जब वे गति करते हैं और आपस में क्रियाएँ करते हैं।

प्रकाश आधारित सूक्ष्मदर्शियों की क्षमता 'विवर्तन सीमा' नामक विशेषता के कारण सीमित हो जाती है। यह विशेषता उन्हें केवल ऐसे बारीक विवरणों में भेद करने देती है जो प्रकाश की तरंगदैर्ध्य के आधे से ज्यादा बड़े होते हैं, अर्थात जिनका विस्तार कुछ माइक्रॉन का होता है (1 माइक्रॉन 1 मीटर के दस लाखवें भाग के बराबर होता है)। इसलिए ऐसे दो धब्बे, जिनके बीच की दूरी एक माइक्रॉन से कम है, एक ही धब्बे की तरह दिखाई देंगे। परन्तु, अनेक प्रमुख जैव-आणविक कार्यों, प्रक्रियाओं और रोगों को पूरी तरह से समझने के लिए उनकी सूक्ष्म तस्वीर को नैनो पैमाने (1 नैनोमीटर 1 मीटर के 1अरबवें भाग के बराबर होता है) तक बारीक होने की जरूरत होती है। इस बाधा को पार करने और नैनो संसार को पकड़ पाने के लिए शोधकर्ताओं ने बहुत चतुराई वाले तरीके विकसित कर लिए हैं। ये अत्यधिक बारीक भेद करने वाली 'सुपर रिजोल्यूशन फ्लूरोसेंस माइक्रोस्कोपी' विधियाँ फ्लूरोसेंट लेबलों को भिन्न तरीकों से नियंत्रित करने के द्वारा काम करती हैं। 2014 में रसायनशास्त्र का नोबेल पुरस्कार ऐरिक बेट्ज़िग, डब्ल्यू. ई. मोर्नर तथा स्टेफान हैल को इन्ही तकनीकों के विकास के लिए दिया गया।

बेहतर सूक्ष्मदर्शी बनाने के लिए अनुसंधान जारी है

तीन शताब्दियों के ऐसे पथप्रर्वतक कार्य, जिसने सूक्ष्मदर्शियों को जबर्दस्त रूप से शक्तिशाली और परिष्कृत बना दिया है, के बाद अभी भी उनमें और सुधार करने की गुंजाइश है। आईआईएसईआर पुणे के भौतिकविज्ञान विभाग में असिस्टेंट प्रोफेसर जी. वी. पवन कुमार कहते हैं कि, "एक भौतिकशास्त्री के रूप में, मुझे लगता है कि सूक्ष्मदर्शिकी के क्षेत्र में बहुत से भौतिक वैज्ञानिक पहलुओं की खोजबीन करना और उसका उपयोग करना बाकी है।" उनका कार्य उनके पहले के अनेक भौतिकशास्त्रियों की विरासत को आगे बढ़ाना है जिनके इस लम्बे दौर में किए गए प्रयासों ने सूक्ष्मदर्शी की सीमाओं के पार जाने में मदद की है।

जैविक नमूने बहुत हद तक पारदर्शी होते हैं। इन नमूनों को सूक्ष्मदर्शी के नीचे रखकर देख सकने के काबिल बनाने का एक तरीका उन्हें विभेद कर सकने वाले अभिकारकों से रंग देना है। लेकिन इसका मतलब होता है कि नमूनों को रंगने के पहले उन्हें मार डालने और स्थिर करने की जरूरत होती है। पर क्या कोई तरीका है कि इसके बजाय हम जीवित कोशिकाओं को देख सकें? जो पारदर्शी नमूने प्रकाश की किरणों के आयाम को प्रभावित नहीं करते वे उसका विवर्तन करते हैं। लेकिन वे उसके एक अन्य मानदण्ड को संशोधित कर देते हैं, जिसे उसका फेज (प्रावस्था) कहते हैं जो हमारी आँखों से पकड़ में नहीं आता।

इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी

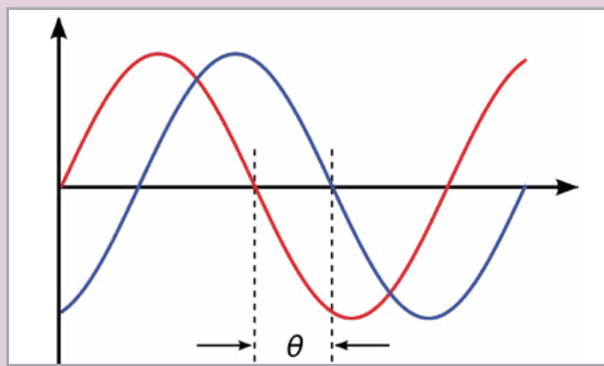
इस लेख में जिन सूक्ष्मदर्शियों पर चर्चा की गई है, वे सभी प्रकाश आधारित सूक्ष्मदर्शी हैं - अर्थात वे वस्तु की छवि निर्मित करने के लिए प्रकाश का उपयोग करते हैं। पर, अन्य प्रकार के सूक्ष्मदर्शी भी होते हैं, जिनमें स्कैनिंग प्रोब सूक्ष्मदर्शी, अल्ट्रा सूक्ष्मदर्शी तथा इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी शामिल हैं।

अर्नस्ट रुस्का एवं मैक्स नोल को 1932 में पहला इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी निर्मित करने का श्रेय दिया जाता है। जैसा कि इसके नाम से प्रकट होता है, इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी छवि बनाने के लिए प्रकाश के बजाय इलेक्ट्रॉनों का उपयोग करते हैं। उनमें काँच के लैंसों की जगह विद्युतचुम्बक ले लेते हैं, पर उनके काम करने का सिद्धान्त वही रहता है जो प्रकाश आधारित सूक्ष्मदर्शी में होता है। प्रकाश की तुलना में इलेक्ट्रॉनों की तरंगदैर्ध्य काफी छोटी होती है। इसका मतलब है कि इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी वस्तु के बारीक विवरणों को उससे कहीं ज्यादा सूक्ष्म पैमाने पर स्पष्ट कर सकता है, या उजागर कर सकता है, जितना कि प्रकाश आधारित सूक्ष्मदर्शी कर सकता है। वास्तव में सर्वश्रेष्ठ इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी दो परमाणुओं को अलग-अलग दर्शा सकता है! इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी उल्लेखनीय रूप से उच्च स्तरीय आवर्धन - एक संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की तुलना में लगभग हजार गुना बेहतर - भी हासिल कर सकता है।

परन्तु, जैविक नमूनों का इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी से अध्ययन करने में एक बड़ी समस्या है। इन नमूनों का अध्ययन निर्वात में किया जाता है, और इसके लिए उन्हें कई विधियों में से किसी एक के द्वारा तैयार या 'स्थिर' किया जाता है। इसका मतलब है कि इसके द्वारा जीवित कोशिकाओं को न देखा जा सकता है और न उनके फोटोग्राफ लिए जा सकते हैं।

फेज क्या है?

तरंगें विभिन्न गुणधर्मों के द्वारा परिभाषित की जाती हैं। इनमें से कुछ गुणधर्मों को समझने का आसान तरीका एक लम्बी रस्सी, जो एक छोर पर बँधी हो में एक तरंग पैदा करके देखना है। आयाम बस तरंग की ऊँचाई होता है - रस्सी को ज्यादा जोर से हिलाने से ज्यादा बड़े आयाम की तरंगें पैदा होती हैं। दूसरी ओर, रस्सी को ज्यादा तेजी-तेजी से हिलाने पर तरंग की आवृत्ति बढ़ जाती है। फेज किसी तरंग का एक अन्य गुण होता है, लेकिन उसे आसानी से देखा नहीं जा सकता। शायद उसे समझने का सबसे आसान तरीका यह है - जब दो तरंगों के ऊपरी और निचले शीर्ष एक-दूसरे पर पड़ते हैं तो कहा जाता है कि उनका फेज समान है। पर यदि वे एक-दूसरे के ऊपर नहीं पड़ते, तो दो उच्च शीर्षों के बीच की दूरी ('थीटा' जिसे कोणों में नापा जाता है) ही दोनों तरंगों के बीच का फेज अन्तर होती है। एक अर्थ में, किसी तरंग का फेज उसके प्रारम्भ बिन्दु को परिभाषित करता है।



चित्र 4 : दो साइन तरंगें जो फेज के बदल जाने के कारण एक-दूसरे से अलग होती हैं।
Source: Peppergrower (own work), Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/phase_(waves)#/media/File:Phase_shift.svg. License: CC-BY-SA.

जब प्रकाश किसी वस्तु में से होकर गुजरता है, तब उसका फेज बदल जाता है, अन्य वस्तुओं की अपेक्षा कुछ वस्तुएँ इस फेज को ज्यादा परिवर्तित करती हैं (या एक तरह से कहें तो उसमें देर करवा देती हैं)। इसका बहुत चतुराईपूर्वक लाभ उठाते हुए, फेज विभेद पर आधारित छवि निर्मित करने की तकनीकें हमें ऐसे जैविक नमूनों को ज्यादा स्पष्टता से देखने की सुविधा देती हैं जो प्रकाश के लिए पारदर्शी होते हैं, या अपनी पृष्ठभूमि के बहुत समान होते हैं।

डच गणितज्ञ और भौतिकशास्त्री, फ्रिट्ज जेरनाइक, ने इन फेज परिवर्तनों को तीव्रता के भेदों में बदलने की एक विधि खोज निकाली। एक विशेष चकरी और एक फेज प्लेट का उपयोग करते हुए, उन्होंने सीधे प्रकाश और नमूने के द्वारा विवर्तित प्रकाश के फेजों को अलग किया और फिर उनके अन्तर को बढ़ा दिया। अलग की गई प्रकाश तरंगों के बाद में होने वाले व्यवधान के परिणामस्वरूप उनमें इतना आयाम विभेद पैदा हो जाता है जिसे मनुष्य की आँख से देखा जा सकता है।

फोल्डस्कोप

सूक्ष्मदर्शी सस्ते नहीं होते। या कहें कि अभी के पहले नहीं होते थे। एक कागज से बनाया गया सूक्ष्मदर्शी, जो फोल्डस्कोप (https://indiabioscience.org/columns/indiabioscience-blog/foldscope-events-in-india-the-delhi-photoblog) कहलाता है, और जिसे मनु प्रकाश ने विकसित किया है जो स्टैनफोर्ड यूनिवर्सिटी में बायोफिजिसिस्ट हैं। यह सूक्ष्मदर्शी यथास्थिति को बदलने वाला है। इस ओरिगामी-आधारित सूक्ष्मदर्शी, जिसे कागज की एक शीट से छापकर निर्मित किया जा सकता है, की लागत सौ रुपए के लगभग होती है। फिर भी, यह 2000X गुने से भी अधिक आवर्धन प्रदान करता है, इसका वजन 1 रुपए के सिक्के से भी कम होता है, और इसके काम करने के लिए किसी बाहरी पावर स्रोत की जरूरत नहीं होती।[6]

अभी हाल ही तक, फेज-विभेद कोशाणुओं और ऊतकों में प्रवेश किए बिना उनको देखने की एक गुणात्मक विधि थी। अब किए जा रहे प्रयास फेज परिवर्तन से परिमाणात्मक जानकारी निकालने पर केन्द्रित हैं, जिसको हासिल करने के लिए वैज्ञानिक कई प्रायोगिक विधियाँ आजमा रहे हैं। पवन कुमार और उनके सहयोगी वर्तमान में ऐसी ही एक नवीनतम तकनीक पर काम कर रहे हैं जिससे पदार्थिकविज्ञान और जीवविज्ञान, दोनों को लाभ हो सकता है। उनके पास ऐसी प्रौद्योगिकी है जो नमूने पर डाले जाने वाले प्रकाश में इच्छानुसार विशिष्ट फेज पैटर्न निर्मित कर सकती है। विवर्तित प्रकाश, जिसका फेज नमूने के द्वारा संशोधित कर दिया जाता है, की तुलना एक सन्दर्भ किरणपुंज से व्यवधान के माध्यम से की जाती है। प्रकाश की दोनों बीमों के बीच के फेज अन्तर की जानकारी तब निकाल ली जाती है। इस जानकारी का उपयोग

Additional readings/resources

1. Microscopy Society of America. Web. 10 January 2016. http://www.microscopy.org/.
2. Chapter 10.11: Microscopes. "Fundamentals of Optics", Jenkins & White. McGraw-Hill International Edition.
3. Cells Alive! Web. 10 January 2016. http://www.cellsalive.com/
4. Microscopedia. Web. 10 January 2016. http://www.microscopedia.com/Resource/Application/22?ccgid=4
5. AAAS ScienceNetLinks "Pond 2: Life in a drop of pond water". Web. 10 January 2016. http://sciencenetlinks.com/lessons/pond-2-life-in-a-drop-of-pond-water/.

करते हुए नमूने की बहुत परिशुद्ध छवि निर्मित की जा सकती है, जिसमें नैनोमीटर पैमाने पर कोशिका संरचनाओं और गतियों के सूक्ष्म विवरणों को देखा जा सकता है। कुमार कहते हैं कि, "अन्य बातों के साथ ही यह छवि लेने की एक लेबल-मुक्त विधि है जो जीवविज्ञान के लिए बहुत लाभकारी है।"

नैनो-पैमाने की स्पष्टता की खोज में अनेक लोग संलग्न हैं - शायद उनमें परदों के व्यवसायी न हों, पर उनमें अन्य लोगों के साथ रसायनवैज्ञानिक, भौतिकवैज्ञानिक और इंजीनियर निश्चित रूप से शामिल हैं। उनके प्रयास जीवविज्ञान की आश्चर्यजनक प्रक्रियाओं की हमारी समझ को आगे बढ़ाने में बहुत दूर तक सहायक होंगें, और आशा की जा सकती है कि वे हमें कुछ ऐसे तरीके प्रदान करेंगे जिनसे जो गलत होता है उसे सुधारा जा सके। परन्तु, जीवविज्ञान केवल अन्वेषकों के विचार का क्षेत्र नहीं है। आखिरकार, वह हमसे युगों अधिक लम्बे समय से नैनो-संसार के साथ प्रयोग करता रहा है, और उसने भी कई तरकीबें सीख ली हैं, जिनकी नकल उतार सकने की हम उम्मीद भर कर सकते हैं।



References

1. Wikipedia: Microscopy. Web. 10 January 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/Microscope
2. Microscopes for schools. Web. 10 January 2016. http://www2.mrc-lmb.cam.ac.uk/microscopes4schools/yoghurt.php
3. Wikipedia: Antoine van Leeuwenhoek. Web. 10 January 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/Antonie_van_Leeuwenhoek
4. Gizmodo "How 17th Century Artists Helped Make the Microscopic World Visible". Web. 10 January 2016. http://gizmodo.com/how-17th-century-artists-helped-make-the-microscopic-wo-1736249872
5. NIH National Institute of General Medical Sciences "Life: Magnified" Online. Web. 10 January 2016. http://irp.nih.gov/catalyst/v22i4/nih-microscopy-lights-up-dulles-airport
6. Foldscope: Microscopy for everyone. Web. 10 January 2016. http://www.foldscope.com/

हरिणी बरत एक विज्ञान लेखिका हैं। बेंगलूरु में रहती हैं। वे इण्डिया बायोसाइंस के लिए लिखती और उसकी विषय वस्तु का संयोजन करती हैं। उनकी पृष्ठभूमि और शोधकार्य प्रशिक्षण का क्षेत्र कंडेंस्ड मैटर फिजिक्स है।
उनसे harini@indiabioscience.org पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी

फ्लेम चैलेंज



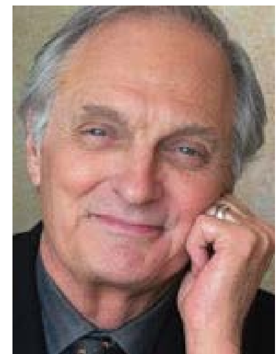
युवा मानस में जिज्ञासा प्रज्वलित करना

ऋतिका सूद

एक 11 साल का जिज्ञासु लड़का अपने अपनी शिक्षिका के पास जाकर पूछता है कि "लौ क्या है? उसके भीतर क्या हो रहा है?" संक्षिप्त चुप्पी के बाद, शिक्षिका उत्तर देती हैं, "आक्सीकरण"। तथ्यात्मक दृष्टि से कहें तो शिक्षिका का उत्तर सटीक था, लेकिन विद्यार्थी को निराशा महसूस हुई, क्योंकि वह सोच रहा था कि विज्ञान में किसी चीज के पीछे, उस चीज को कोई दूसरा नाम दे देने के अलावा भी कुछ और था या नहीं! इस कहानी का जिज्ञासु लड़का बड़ा होकर हालीवुड का प्रसिद्ध अभिनेता और निर्देशक ऐलन आल्डा बना। वे कभी अपने शिक्षिका से लौ के बारे में उस सवाल को पूछने, और बगैर किसी समझाने वाली व्याख्या के उनके द्वारा सिर्फ एक संक्षिप्त उत्तर देने, की घटना को नहीं भूले। वास्तव में, उनके बचपन का यह अनुभव उनके द्वारा वैज्ञानिकों के लिए आरम्भ की गई एक स्पर्धा की प्रेरणा बन गया, जिसको उन्होंने 'द फ्लेम चैलेंज (लौ की चुनौती)'[1] नाम दिया।

"विज्ञान को सम्प्रेषित करने में स्पष्टता का होना विज्ञान का केन्द्रीय तत्व है। और मैं सोचता था कि क्या सम्प्रेषण के लिखित तथा मौखिक कौशलों को किसी विद्यार्थी की विज्ञान शिक्षा के पूरे लम्बे दौर में व्यवस्थित ढंग से सिखाया जा सकता है।" - ऐलन आल्डा

2012 में जब से फ्लेम चैलेंज की शुरुआत हुई तब से ही वह बच्चों के लिए सीखने का एक असाधारण अनुभव बन गया है। बच्चे प्रश्नों को भेजने से लेकर चुनौती बनने वाले प्रश्न के चुनने तक की प्रक्रिया के अनिवार्य अंग हैं। प्रत्येक वर्ष की चुनौती के लिए प्रश्न उन प्रश्नों में से ही चुना जाता है जो बच्चे खुद भेजते हैं। क्या पूछा जा सकता है और क्या नहीं, इसको लेकर कोई प्रतिबन्ध नहीं है, क्योंकि आखिरकार इसका उद्देश्य बच्चों की जिज्ञासा को उकसाना ही है। प्रतियोगिता के आयोजक भेजे गए सारे सवालों की जाँच करते हैं ताकि वे उनमें से एक साझे विचारसूत्र (थीम) को पहचान सकें। उदाहरण के लिए, 2014 मे हुए फ्लेम चैलेंज का प्रश्न, "रंग क्या है?", उस वर्ष विद्यार्थियों के द्वारा भेजे गए ऐसे प्रश्नों के आधार पर चुना गया था जैसे - "क्या हर व्यक्ति रंग को एक जैसा ही देखता है?", फिर बहुत प्रचलित सवाल "आकाश नीला क्यों है?", और उसी का एक दूसरा रूप "क्या मेरा नीला उनका भी नीला है?" पूछने के लिए प्रश्न खोजने की प्रक्रिया में बच्चों को उनके आसपास के संसार के बारे में सोचने का, और फिर उसके बारे में वे जो जानना चाहते हैं उसे व्यक्त करने का अवसर मिलता है।



चित्र 1 : ऐलन आल्डा। Alan Alda Centre for Communicating Science, Stony Brook, NY. URL: http://www.alanalda.com/alan_alda_flame_challenge.htm.

एक बार जब चुने गए प्रश्न की घोषणा हो जाती है, तब कोई भी



चित्र 2: फ्लेम चैलेंज 2016 - ध्वनि क्या है?
Alan Alda Centre for Communicating Science, Stony Brook, NY.



चित्र 3: भेजी गई प्रविष्टियों का मूल्यांकन करते हुए विद्यार्थी।
Alan Alda Centre for Communicating Science, Stony Brook, NY. URL:http://www.centerforcommunicatingscience.org/student-judging-photos/.

वैज्ञानिक उसका उत्तर देने के लिए आगे आ सकता है, बस उसे एक आम 11 साल के बच्चे को ध्यान में रखना है। वैज्ञानिकों के द्वारा भेजे गए उत्तर लिखित रूप में, या वीडियो रिकार्डिंग या ऐनीमेशन के रूप में होते हैं। भेजे गए उत्तरों का आकलन 19 देशों (जिनमें और जुड़ते जा रहे हैं) के स्कूलों के 10-12 साल की उम्र वाले विद्यार्थियों के द्वारा किया जाता है। हर कक्षा को आम तौर पर आकलन के लिए कम से कम 5 उत्तर दिए जाते हैं। विद्यार्थी पहले हर उत्तर की खूबियों पर चर्चा करते हैं फिर उसे इस आधार पर आँकते हुए किसी श्रेणी में रखते हैं कि उन्होंने उससे कितना सीखा, क्या उत्तर रोचक और स्पष्ट थे (या कि उबाऊ और भ्रमित करने वाले), और क्या उन उत्तरों ने उन्हें उस विषय के बारे में और अधिक जानने के लिए प्रेरित किया। फिर सभी विद्यार्थी-निर्णायक लिखित तथा वीडियो श्रेणियों में विजेताओं को चुनने के लिए वोट देते हैं। विजेता उत्तरों को जानकारी प्रदान करने वाले और रुचिकर होने के आधार पर चुना जाता है।

शिक्षक इस प्रक्रिया का एक महत्त्वपूर्ण अंग होता है। अपने विद्यार्थियों का निर्णायकों के रूप में पंजीकरण कराने के अलावा, शिक्षक अपनी कक्षाओं में वोटिंग की प्रक्रिया में सहायता करते हैं। प्रविष्टि उत्तरों को सीधे पंजीकृत शिक्षकों को भेजा जाता है, जिन्हें वे अपने अनुसार उपयुक्त तरीके से विद्यार्थियों में बाँटते हैं। फिर शिक्षक ही विद्यार्थियों की वोटिंग के परिणामों को आयोजकों के पास भेजते हैं।

एक शिक्षक की तरह आप इस सोच में पड़ सकते हैं कि मुझे **अपने** विद्यार्थियों को इस बारे में क्यों बताना चाहिए। इसमें उनके लिए क्या है? इसके उत्तर में मिस्टर आल्डा कहते हैं : "आकलन करने के लिए समीक्षात्मक सोच, साथ मिलकर काम करने और ज्ञान का संश्लेषण करने की आवश्यकता होती है।" न्यूयार्क के सेल्डेन मिडिल स्कूल की शिक्षिका मिशैल मिलर ने इसमें उनकी कक्षा के भाग लेने के बाद अपने अनुभव को साझा करते हुए कहा : "यह अनुभव बहुत अच्छे विश्लेषण कौशल प्रदान करता है। वे केवल जानकारी के लिए नहीं पढ़ रहे थे, लेकिन वे प्रविष्टियों को उनका मूल्यांकन करने के लिए पढ़ रहे थे। इसने उन्हें एकदम एक ज्यादा ऊँचे स्तर के सोचने के कौशल की ओर जाने को बाध्य किया। उन्होंने बहुत ध्यान से इस पर गौर किया जब कई वैज्ञानिक एक ही विषय की जानकारी पर बात कर रहे थे... मेरे विद्यार्थियों में परिणामों के प्रति बहुत लगाव था, और वे इससे बहुत उत्तेजित थे कि उनमें से अनेक ने वीडियो विजेता को चुना। लिखित उत्तरों को पढ़ने, और वीडियो उत्तरों को पढ़ने में होने वाला दोहराव भी सीखने का एक उत्कृष्ट उपकरण था, और उसने हमें ध्यान से पढ़ने के लिए एक ठोस कारण प्रदान किया।"

क्या आपने कभी स्वयं को ऐसी स्थिति में पाया है, जहाँ आपके पास सारे तथ्य मौजूद रहे हों लेकिन फिर भी किसी चीज को अपने विद्यार्थियों को समझाने में आपको कठिनाई महसूस हुई हो? जीतने वाली प्रविष्टियों पर एक सरसरी नजर डालने से जल्दी ही हमें विज्ञान को सम्प्रेषित करने में जानकारी के विस्तार

> विज्ञान की दी जा रही ज्यादातर शिक्षा में विद्यार्थियों को स्थापित तथ्यों का ज्ञान प्रदान करना, और फिर उनसे इस जानकारी का उपयोग पूर्व-परिभाषित सवालों (अक्सर जिनके उत्तर पाठ्यपुस्तकों के अन्त में दिए रहते हैं) का उत्तर देने के लिए करवाना भर ही निहित होता है। ऐसी व्यवस्था सभी विद्यार्थियों में एकरूपता पैदा करती है, जिज्ञासा नहीं! यह एक विडम्बना है क्योंकि यह उसके विपरीत है जो कि विज्ञान है - वह जानकारी नहीं है, वह हमारे आसपास के संसार को समझने का एक तरीका है।

का सही परिमाण चुनने और उपमाओं का इस्तेमाल करने के महत्त्व का पता चल जाता है। उदाहरण के लिए, नींद को समझाने वाली विजेता प्रविष्टि (फ्लेम चैलेंज 2015) ने उसकी तुलना "एक महाशक्ति, पृष्ठभूमि की खर-खर आवाज वाले टीवी, एक मस्तिष्क की सफाई करने वाली व्यवस्था" से की। यह दृश्यात्मक रूप से कितना सजीव था! इसी प्रकार रंग को समझाने वाली विजेता प्रविष्टि (फ्लेम चैलेंज 2014) उसे इस तरह समझाती है : "क्या आपको मालूम है कि कुत्ते उन सभी रंगों को नहीं देखते जिन्हें हम देखते हैं? ....रंग अपने आप में कोई ऐसी चीज नहीं है, जैसे कि एक पेंसिल या एक कॉपी। वह तो वस्तुओं से परावर्तित होने वाले प्रकाश को जिस तरह हमारी आँखें जैसा समझती हैं वह होता है। यही कारण है कि हम अँधेरे में रंग को नहीं देख सकते - क्योंकि वहाँ परावर्तित होने के लिए कोई प्रकाश नहीं होता ...।"

सारे संसार से दसियों हजार बच्चों ने वैज्ञानिकों की प्रविष्टियों का आकलन करने के दौरान रोमांचित होते हुए प्रकृति के रहस्यों में गोता लगाया है। जो वयस्क इन सवालों का उत्तर देने की कोशिश करते हैं उनका उद्देश्य इस बात की परीक्षा लेना नहीं है कि वे कितना जानते हैं, बल्कि यह है कि वे बच्चों में उत्सुकता जगाने के लिए इस समझ को कितने प्रभावशाली ढंग से सम्प्रेषित कर सकते हैं।



ऋतिका सूद इण्डिया बायोसाइंस में शैक्षिक समन्वयक हैं। वे एक तंत्रिका वैज्ञानिक हैं। उनमें विज्ञान के सम्प्रेषण के प्रति बहुत जोश है। उनसे reeteka@indiabioscience.org पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** सत्येन्द्र त्रिपाठी

तितलियाँ

परागण करने वाली या पौधों को चबाने वाली?

गीता अय्यर

तितलियाँ हमेशा से सौन्दर्य और आश्चर्य का स्रोत रही हैं। लेकिन इन खूबसूरत कीटों को उनके आकर्षक रंग किस चीज से मिलते हैं? उनको निहारने का सबसे अच्छा समय कौन-सा होता है? उनके व्यवहार के बारे में हम क्या जानते हैं? इस लेख में लेखिका ने तितलियों के मोहक संसार की खोजबीन की है और विज्ञान की कक्षा में उनके वर्णन को सजीव बनाने के लिए कुछ विचार हमारे साथ साझा किए हैं।

प्राचीन काल से लेकर आधुनिक समय तक तितलियों ने मनुष्यों के मन पर गहरा प्रभाव डाला है। एक ओर, उन्हें एजटेक कैलेण्डर में संरक्षक देवियों की तरह, या राहत देने वाली ऐसी गायिकाओं की तरह माना गया है जो सुखद सपने लाकर आपको शान्तिपूर्ण नींद में ले जाती हैं। दूसरी ओर, तितलियाँ वैज्ञानिक और (नैनो-) प्रौद्योगिकी में शोधकार्य के लिए एक स्रोत भी रही हैं, जिन्होंने प्रकाश उत्सर्जित करने वाले डायोड या जहरीले रंजकों से रहित पेंटों के उत्पादन में मदद की है। सदियों से तितलियों का मनुष्यों के साथ प्रेमपूर्ण सम्बन्ध बना रहा है। उनकी सुन्दरता और रंगों ने कवियों और चित्रकारों को प्रेरित किया है। अक्सर रहने वाली उनकी मौन अपार्थिव उपस्थिति और उनके जीवन चक्र के कारण प्राचीन सभ्यताओं ने उन्हें मृत व्यक्तियों की आत्माओं की तरह देखने को प्रेरित किया और आधुनिक मनुष्यों ने उनका आनन्द से स्वागत किया है। तितलियाँ कीट हैं, पर मनुष्यों के साथ उनका सम्बन्ध कभी भी नकारात्मक नहीं होता। मेरे मन में अक्सर ख्याल आता है कि क्या मनुष्य उन्हें कीट भी समझते हैं या नहीं।

तितलियों को हर जगह देखा जा सकता है। शहरी इलाकों में भी वे ऑटो-रिक्शा, कार और मोटर-साइकिलों के बीच उड़ती हुई, और कभी-कभी कंक्रीट की सड़कों पर भी बैठी हुई दिखाई दे जाती हैं। हम हिरणों और अन्य छोटे स्तनपायी जानवरों के तेजी से भागते हुए मोटर वाहनों के पहियों तले कुचले जाने की खबरें पढ़ते हैं, लेकिन अक्सर तितलियाँ भी जल्दबाजी में रहने वाले मनुष्यों का शिकार बन जाती हैं। यदि हम ज्यादा नजदीक से तितलियों का अध्ययन करने का प्रयास करें तो सम्भावना है कि हम पाएँगे कि ये कीट विज्ञान के कई रोचक पहलुओं को समझने में हमारी सहायता कर सकते हैं। उदाहरण के लिए, भौतिकविज्ञान और रसायनविज्ञान में पढ़ाई जाने वाली अनेक अवधारणाएँ, जिनमें रंग, उड़ान और दबाव से सम्बन्धित अवधारणाएँ शामिल हैं, तितलियों का अवलोकन करने के द्वारा ज्यादा स्पष्ट हो सकती हैं। इस



चित्र 1 : एक लैपिडोप्टरिस्ट का विनोदपूर्ण चित्र

लेख का प्रयोजन आपको पड़ोस की तितलियों से जोड़ना है, और साथ ही कुछ ऐसी गतिविधियों की खोजबीन करना है जो आपके विद्यार्थियों को विज्ञान की अवधारणाओं को रोचक ढंग से सीखने में मदद करेंगी। तितलियों और पतंगों के विशेषज्ञों(लैपिडोप्टरिस्ट) की दुनिया में आपका स्वागत है!

लैपिडोप्टरा

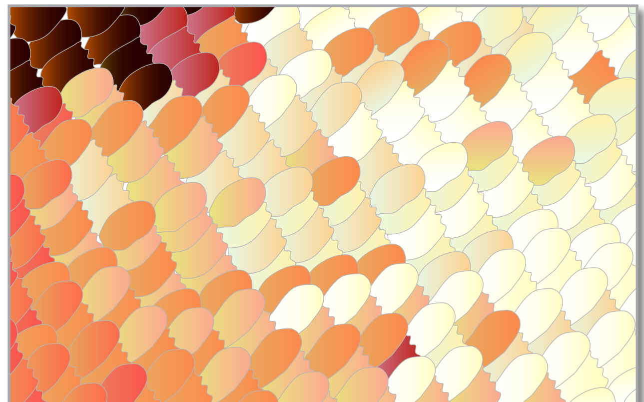
तितलियाँ और उनके अधिक व्यापक रिश्तेदार, रंग-बिरंगे पतंगे, जीवरूपों के लैपिडोप्टरा वर्ग के सदस्य होते हैं। यह शब्द लैपिडोप्टरा दो ग्रीक शब्दों - '*लैपिस*' जिसका अर्थ होता है पपड़ी या छिलका (स्केल्स)तथा '*प्टेरोन*' जिसका अर्थ होता है पंख - से मिलकर बना है। तितलियों और पतंगों को परिभाषित करने वाली विशेषता उनके पंखों, शरीरों तथा अन्य जुड़े हुए अंगों पर स्केल्स की मौजूदगी होती है। यदि कभी आपको किसी मरी हुई तितली, या किसी तितली के छोड़ दिए गए पंख को उठाने का मौका मिला है, तो हो सकता है कि आपने गौर किया हो कि वे बाद में आपकी उंगलियों पर कुछ रंगीन धूल जैसी छोड़ जाते हैं। ये ही उनके पंखों के स्केल्स होते हैं। ये स्केल्स एक तरह के संशोधित बाल होते हैं जो कि इन कीटों में देखे जाने वाले रंगों के लिए जिम्मेदार होते हैं।

तितलियों में भी साझा रूप से सभी कीटों की सामान्य बाहरी विशेषताएँ पाई जाती हैं - अर्थात सिर, सीना और उदर में बँटा हुआ शरीर, जोड़ों वाले उपांगों के तीन जोड़े, पंखों का एक जोड़ा, संयुक्त नेत्र, मूँछें (एन्टेना) तथा सिर में बने मुँह के अंग। किसी कीट के मुँह के चार अंगों को निर्मित करने वाली संरचनाओं में से मैक्सिलों का ही संशोधन करके तितलियों की सूँड बनाई गई होती है। तितलियों की दूसरी सबसे अभिलाक्षणिक विशेषता है – एक लम्बी नलीदार सूँड जिसका इस्तेमाल वे फूलों के रस को चूसने के लिए करती हैं। अगली बार जब आप किसी तितली को फूल पर बैठते हुए देखें, तो नजदीक से उसका निरीक्षण करें - आप उसे एक स्प्रिंग जैसी सूँड को, जिसे वह आम तौर पर कुण्डली बनाकर सिर के नीचे समेटकर रखे रहती है, फैलाते हुए फूल के बीच के दलपुंज में डालते हुए देखेंगे। सूँड की कुण्डली बनते और उसे फैलते देखना बहुत दिलचस्प दृश्य होता है!

तितलियाँ होलोमेटाबोलस कीट होती हैं, दूसरे शब्दों में उनका सम्पूर्ण रूपान्तरण होता है। उनके अण्डे लार्वा बनते हैं, जो



चित्र 2 ए : तितली के स्केल्स का सूक्ष्मदर्शी से देखा गया चित्र (माइक्रोग्राफ)
Source: SecretDisc, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:SEM_image_of_a_Peacock_wing,_slant_view_3.JPG#file. License: CC-BY-SA. Narayanswamy.



चित्र 2 बी : तितली के स्केल्स का सूक्ष्मदर्शी से देखा गया एक और चित्र (माइक्रोग्राफ)
Source: SecretDisc, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:SEM_image_of_a_Peacock_wing,_slant_view_1.JPG#/media/File:SEM_image_of_a_Peacock_wing,_slant_view_1.JPG. License: CC-BY-SA.

बढ़कर फिर इल्लियाँ बनाते हैं जो निरन्तर खाती रहती हैं, बढ़ती रहती हैं और फिर केंचुली छोड़ती हैं। अन्त में ये रूपान्तरित होकर बाह्य रूप से निष्क्रिय प्यूपा या कोष बना लेती हैं, जो गहन आन्तरिक रूपान्तरणों के दौर से गुजरने के बाद वयस्क तितली के रूप में बाहर निकलती है। इल्ली से एक वयस्क तितली तक का स्वरूप तथा संरचना में होने वाला यह चरणबद्ध रूपान्तरण ही मेटामोरफोसिस कहलाता है। ये चरणों में बँटी अवस्थाएँ अत्यन्त महत्त्वपूर्ण होती हैं, क्योंकि तितलियों की कुछ प्रजातियाँ बिलकुल ही भोजन नहीं करतीं। ऐसी प्रजातियों के जीवनकाल में उनकी इल्ली वाली अवस्था ही भोजन करने का चरण होती है। प्यूपा बनने, रूपान्तरणों तथा वयस्क तितली के बाहर निकलने के लिए आवश्यक ऊर्जा, और फिर उसके द्वारा अपना प्रणय साथी खोजने, मैथुन करने और अण्डे देने के लिए जरूरी ऊर्जा, ऐसी समस्त ऊर्जा इल्ली वाली अवस्था में शरीर के ऊतकों में संग्रह की गई सामग्री से प्राप्त की जाती है। इसलिए हम समझ सकते हैं कि इल्लियाँ क्यों निरन्तर लालचियों की तरह खाती ही रहती हैं।

पडलिंग (डबरों पर मँडराना)

पडलिंग या कीचड़ के डबरों पर मँडराना तितलियों (और साथ ही पतंगों तथा अन्य कई समूहों के कीटों) के द्वारा प्रदर्शित किए जाने वाले अनेक रोचक आचरणों में से एक है। पडलिंग करने वाली प्रजातियाँ अक्सर बड़ी संख्या में झुण्ड बनाकर डबरों, गीली जमीन के टुकड़ों, जानवरों के अवशेषों, चिड़ियों और पशुओं के मल और यहाँ तक कि मनुष्य के पसीने के पास मँडराती हुई इकट्ठी हो जाती हैं।



चित्र 3 ए : कुण्डली बनी हुई सूँड



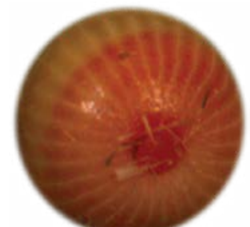
चित्र 3 बी : फैली हुई सूँड

ऐसा माना जाता है कि वयस्क तितलियों में सोडियम की कमी उन्हें पडलिंग के लिए उकसाती है। परन्तु, पडलिंग महज सोडियम प्राप्त करने वाली एक सरल गतिविधि नहीं होती। पडलिंग करने वाली तितलियाँ उसके द्वारा विविध प्रकार के खनिज लवणों(जिनमें सोडियम प्रमुख होता है)के साथ ही कुछ अमीनो अम्लों को भी प्राप्त करती हैं जो उनके नियमित आहार से उन्हें पर्याप्त मात्रा में नहीं मिलते। उनके इस व्यवहार पर किए गए शोध ने दर्शाया है कि केवल नर, विशेष रूप से कम उम्र की नर, तितलियाँ ही पडलिंग की गतिविधि करती हैं। मादा तितलियाँ बहुत ही कम कीचड़ के डबरों पर पडल करती हैं और जो करती भी हैं वे अधिकतर ज्यादा उम्र की मादाएँ होती हैं। लिंग के भेदभाव वाले पूर्वाग्रह और युवा नरों की इस जरूरत को समझाने के लिए कई परिकल्पनाएँ प्रस्तुत की गई हैं। एक परिकल्पना के अनुसार, पराग या फूलों के रस का पान करने की गहन स्पर्धा ने हो सकता है कि युवा नरों और ज्यादा उम्र की मादाओं को पोषक तत्वों के लिए भोजन खोजने की पडलिंग जैसी वैकल्पिक रणनीतियों को अपनाने पर मजबूर कर दिया हो। एक अन्य परिकल्पना के अनुसार, मादा तितलियों की तुलना में नर उड़ने में बहुत अधिक समय बिताती हैं। चूँकि तंत्रिका-मांसपेशियों से सम्बन्धित गतिविधियों के लिए सोडियम की आवश्यकता होती है, इसलिए नरों को अधिक सोडियम की जरूरत हो सकती है। अनेक प्रजातियों में मैथुन करते हुए नर मादाओं को सोडियम हस्तान्तरित कर देते हैं - अण्डों के उत्पादन के लिए सोडियम आवश्यक होता है।

एक गतिविधि जिसे कक्षाओं में किया जा सकता है, यह खोजने की हो सकती है कि एक इल्ली कितना खाती है, उसका कितना हिस्सा (अनुमानित रूप से) उपयोग कर लिया जाता है और कितनी मात्रा छोड़ दी जाती है। इसके बारे में अतिरिक्त जानकारी सीखने वाली गतिविधियों के खण्ड में प्रदान की गई है।



चित्र 4 ए : पाम रैड आई (लाल आँख वाले) अण्डे। स्रोत - चित्रा नारायणस्वामी



चित्र 4 बी : फूटने के लिए तैयार पाम रैड आई अण्डे। स्रोत - चित्रा नारायणस्वामी

क्या यह जानना सम्भव है कि तितलियाँ किसी डबरे से सचमुच में द्रवों को चूसती हैं या नहीं? पडलिंग करने वाली तितलियों को



चित्र 5 ए : ठण्डा सोडियम पेय चूसती हुई तितली।



चित्र 5 बी : मनुष्य का पसीना पीती हुई तितली।



चित्र 6 : एक चट्टान पर द्रव उड़ेलती हुई तितली।

देखने का सबसे अच्छा समय मानसून के दौरान या मानसून के बाद की ऋतु होती है। आपको उनकी सूँड की धीमी हलचल दिखाई देगी, जो पडलिंग के होने का संकेत होती है। यदि आप इन तितलियों को नजदीक से देखेंगे, तो आप पाएँगे कि जब वे पडल करती हैं तो भीतर खींचे गए कुछ द्रव बाहर भी निकाल दिए जाते हैं। आप तितलियों की गुदा से द्रवों की बूँदों को निकाला जाता हुआ देख सकते हैं। वास्तव में, जब एक तितली को खनिजों की उसकी दैनिक खुराक चाहिए होती है और उसे गीली जमीन के टुकड़े नहीं मिलते, तब वह अपनी गुदा से कुछ द्रव किसी चट्टान, पत्थर या मिट्टी पर निकालकर उसे गीला करती है, और फिर सतह से खनिजों को चूसती है।

कीचड़ में होने वाली पडलिंग को देखना काफी दिलचस्प होता है। हालाँकि यह तितलियों के पैपीलायोनाइड्स और पाइरिड्स परिवारों में बहुत बार देखी जाती है, परन्तु अन्य परिवारों की तितलियाँ भी पडल करती हैं। लाइकैनिड्स (ब्लूज - नीली) तथा निम्फैलिड्स को खनिजों की उनकी दैनिक खुराक हासिल करने के लिए, गीली जमीन के टुकड़ों के बजाय, अन्य स्रोतों पर देखा जा सकता है।

तितलियों को पहचानना

तितलियाँ एक-दूसरे से अनेक तरह से भिन्न होती हैं। उदाहरण के लिए, पंखों की डिजाइनें तथा रंग न केवल एक प्रजाति से दूसरी प्रजाति में अलग-अलग होते हैं, बल्कि एक ही प्रजाति के ऊपरी और निचले भागों में भी अलग-अलग होते हैं। इसलिए तितली की किसी प्रजाति को सही-सही पहचानने के लिए उनकी कई विशेषताओं का सावधानी पूर्वक निरीक्षण किए जाने की जरूरत होती है। इस गतिविधि की शुरुआत करने के लिए हम जो जानकारी इस लेख में प्रदान कर रहे हैं, वह इन कीटों का बहुत सरल और प्रारम्भिक परिवार-स्तरीय वर्णन है। यदि आप तुरन्त विभिन्न प्रजातियों को पहचानना आरम्भ नहीं कर सकते तो उसका बहुत महत्त्व नहीं है। इस लेख के साथ प्रदान किए गए पैम्फलेट का उपयोग करते हुए उनका निरीक्षण करने की गतिविधि जारी रखें। जैसे-जैसे आप उन तितलियों की आदतों और आचरणों से परिचित होते जाएँगे जिनका आप अवलोकन करते हैं, वैसे-वैसे आप उन्हें पहचानने में ज्यादा कुशल होते जाएँगे।

तितलियों को पाँच बड़े परिवारों में वर्गीकृत किया जाता है, जिनके नाम हैं पैपीलायोनाइडी, पियरिडी, लाइसेनिडी, निम्फेलिडी तथा हैसपेरिडी।

क) पैपीलायोनिडी परिवार - चूँकि इस परिवार के अनेक सदस्यों के पीछे वाले पंख बढ़ते हुए एक पूँछ में बदल जाते हैं, इसलिए इस परिवार की तितलियों को आम तौर पर स्वालोटेल्स (चिड़िया की पूँछ वाली) कहा जाता है। सभी पैपीलायोनिड तितलियों में यह खूबी नहीं होती। स्वालोटेल्स की 100 से भी अधिक प्रजातियाँ भारत में पाई जाती हैं। चूँकि इन तितलियों में से अनेक के पंखों का निचला भाग फीके रंग का होता है, इसलिए हो सकता है कि आप इनको देखने से तब तक वंचित रहें जब तक कि वे ये अपने पंखों को नहीं खोलतीं। परन्तु, पंखों के ऊपरी भाग के चमकदार रंग देखकर आपके मुँह से आश्चर्य और खुशी से वाह निकल सकता है - ऐसी होती है इनकी सुन्दरता! इनके इन चमकदार रंगों के कारण ही ये तितलियों का संग्रह करने वालों की मनपसन्द होती हैं। इसलिए इन प्रजातियों की अक्सर तस्करी भी की जाती है। वास्तव में, कुछ दुर्लभ प्रजातियाँ, जैसे कि भूटान ग्लोरी तथा कैसर-ए-हिन्द, जो हमारे देश के उत्तरी तथा उत्तर-पूर्वी भागों में पाई जाती हैं, अत्यधिक संग्रह किए जाने और उनके निवास के परिवेशों के छिन जाने के कारण तेजी से विलुप्त होती जा रही हैं। अपोलो, हैलेन, मोरमन, जे, माइम, ब्लूबॉटल, गोरगोन, स्वोर्डटेल, ड्रैगनटेल, स्वालोटेल, पीकॉक, लाइम, रोज, विंडमिल, स्पैंगल, रैवन तथा जेब्रा, ये इस परिवार की तितलियों की प्रजातियों के कुछ दिलचस्प नाम हैं। इनकी इल्लियों को खोजने के लिए सिट्रस (नीबू, सन्तरा आदि)


चित्र 7 ए : फाइव-बार स्वोर्डटेल


चित्र 7 बी : रैड हैलेन


चित्र 7 सी : टेल्ड जे

के पेड़ों, कड़ी-पत्ते के पेड़ों तथा अरिस्टालोकिया के पेड़ों पर देखें, आपको निश्चित रूप से ये वहाँ मिल जाएँगी। इस परिवार की कुछ प्रजातियों का वर्णन नीचे किया गया है।

बर्डविंग्स

काली और पीली सदर्न बर्डविंग, *ट्रॉइड्स मिनोस*, जिसके पंखों का फैलाव 140-190 मिमी. तक होता है, का मूल निवास स्थान भारत के पश्चिमी तट की पहाड़ियों का क्षेत्र (वैस्टर्न घाट) है।

इस प्रजाति की मादा भारत की सबसे बड़ी तितली होती है। भारत के दूसरे क्षेत्रों में पाई जाने वाली दो अन्य प्रजातियाँ कॉमन तथा गोल्डन बर्डविंग होती हैं। ये तीनों प्रजातियाँ जंगलों से भरे क्षेत्रों में पाई जा सकती हैं और इन्हें आम तौर पर पेड़ों की चोटियों के ऊपर उड़ता हुआ देखा जाता है।

मोरमन्स

भारत में पाई जाने वाली दूसरी सबसे बड़ी तितली भी एक स्वालोटेल, नीली मोरमन *पैपीलियो पोलीम्नेस्टर*, होती है जो जंगलों तक सीमित नहीं होती और इसलिए बर्डविंग्स की तुलना में ज्यादा दिखाई देती है। इसे अक्सर, खास तौर पर मानसून की ऋतु के बाद, बगीचों में मँडराते हुए पाया जाता है।

अन्य कई पैपीलायोनिड्स की तरह, कॉमन मोरमन नकल करने में उस्ताद होती हैं। कॉमन मोरमन प्रजाति की मादा दो अन्य स्वालोटेल्स - जिनके नाम कॉमन रोज तथा क्रिमसन रोज हैं - की नकल करती हैं। पक्षी क्रिमसन रोज से दूर रहते हैं क्योंकि वह अपने शरीर में कड़वे रसायनों का संचय करती है। परन्तु, पक्षियों को मोरमन ज्यादा स्वादिष्ट लगती है, और इसलिए वह रोज के पंखों की संरचना (चित्रों के लिए संलग्न पैम्फलेट को देखें) की नकल करके अपनी रक्षा करती है। आप मूल तितली और उसकी नकल करने वाली तितली में उनके शरीर के रंगों को देखकर भेद कर सकते हैं। मोरमन्स काले शरीर वाली होती हैं, जबकि रोज तितलियाँ लाल शरीर वाली होती हैं।

ख) पियरिडी परिवार - सूर्य से प्रेम करने वाली तितलियों के इस परिवार को आम तौर पर व्हाइट्स (सफेद) तथा यलोज (पीली) नामों से जाना जाता है, क्योंकि इनके शरीरों पर अक्सर यही रंग देखे जाते हैं। इन्हें परिभाषित करने वाली ऐसी कोई एक विशेषता नहीं होती जिसके द्वारा किसी पियरिड को पहचानने में मदद मिले। इनके विभिन्न गुणों, जैसे कि पंखों का रंग, पंखों पर बनी संरचनाएँ और नसों की व्यवस्था आदि, का अवलोकन करने के द्वारा बनने वाला परिचय ही इनको जानने का एकमात्र तरीका है। पैपीलायोनिडों की ही तरह, पियरिड भी कीचड़ के डबरों से पान करती हैं, जो उन लैपिडोप्टरिस्ट लोगों के लिए खुशी की बात होती है जो इन तितलियों का नजदीक से


चित्र 8 ए : सदर्न बर्डविंग। स्रोत - सुरेश एलामन


चित्र 8 बी : आम बर्डविंग (मादा)


चित्र 8 सी : गोल्डन बर्डविंग

निरीक्षण करना चाहते हैं, या इनकी फोटो लेना चाहते हैं। आप इन्हें अक्सर इनके पंख फैलाए धूप सेकते हुए देख सकते हैं। इस परिवार की कुछ सदस्य, जैसे कि एमीग्रेंट्स तथा एल्बाट्रोसेस, मौसमी तौर पर स्थान परिवर्तन करती हैं। अनेक सदस्य, जैसे कि कॉमन जेजेबिल, अपने शरीरों में खराब स्वाद वाले रसायनों का संचय कर लेती हैं और इस तरह परभक्षियों से अपना बचाव करती हैं। हाल के शोधकार्य ने दर्शाया है कि ग्रेट ऑरेंज टिप तितली एक ऐसा तंत्रिकाविष पैदा करती हैं, जिसके अवयवों का संघटन और प्रभाव वैसा ही होता है जैसा कि हमारे महासागरों में पाए जाने वाले शंकु घोंघे (कोन स्नेल) का होता है। वैज्ञानिक इस तथ्य का उल्लेख एक बिन्दु पर जुड़ने वाली ऐसी विकास प्रक्रिया के उदाहरण के रूप में करते हैं, जिसमें दो पूरी तरह से भिन्न प्रजातियाँ एक जैसे रसायन को शरीर से निकालती हुई प्रतीत होती हैं। ग्रास यलो, विविध रंगों के छोरों (क्रिमसन टिप, ऑरेंज टिप, यलो-ऑरेंज टिप इत्यादि) वाली, अरब, एल्बाट्रोस, पफिन, गल, पायोनीयर, साइक, कैबैज व्हाइट, जेजेबिल, वान्डरर तथा सॉटूथ, ये पियरिड तितलियों के कुछ उदाहरण हैं।

ग) लाइसेनिडी परिवार - इन तितलियों में से अनेक के पंखों पर आकर्षक कई तरह के नीले रंग के होने के कारण इनको पहचानने में कोई भूल नहीं होती। आम तौर पर ब्लूज (नीली तितलियाँ) कहलाने वाली लाइसेनिड, तितलियों का दूसरा सबसे बड़ा परिवार होती हैं। भारत में 521 जैसी बड़ी संख्या में लाइसेनिड प्रजातियाँ पाई जाती हैं, और पैपीलायोनिडों की ही तरह इनमें भी दिलचस्प नामों वाली प्रजातियाँ होती हैं, जैसे कि कॉपर्स, सैफायर, सिल्वरलाइन, रॉयल, इम्पीरियल, फोरगेट-मी-नाट, क्यूपिड, सेरुलीन, पियरोट, फ्लैश, क्वेकर, ऑइंक्स, यैमफ्लाई, एपफ्लाई, हेयरस्ट्रीक तथा जैम्स। नर लाइसेनिडों के पास काम करने वाले पैरों के केवल दो जोड़े होते हैं। उनके आगे के पैर छोटे होते हैं और उनके सिरे जुड़े हुए और बिना पंजों वाले होते हैं। मादाओं में यह विशेषता नहीं होती। कई ब्लूज तितलियों के पिछले पंखों से बालों जैसे निकले हुए विस्तार होते हैं जिनसे छोटी पूँछें बन जाती हैं, पर वे पैपीलायोनिडों में देखी जाने वाली पूँछों जैसी नहीं होतीं।



चित्र 9 : नीली मोरमन

इन तितलियों का जीवन चींटियों के साथ घनिष्ठ रूप से जुड़ा रहता है। इनकी इल्लियों में से कुछ ऐफिड्स और स्केल्स का भोजन करती हैं, जबकि दूसरी लाइसेनिड प्रजातियों की कुछ इल्लियाँ उन चींटियों के लिए इनाम के तौर पर एक मीठा द्रव निकालती हैं जो तितलियों की रक्षा करती हैं। भारत की सबसे छोटी तितली, जो ग्रास जुएल कहलाती है, को पूरे साल घासों के बीच धरती की सतह पर मँडराते हुए देखा जा सकता है। दूसरी सबसे छोटी तितली, जो टाइनी ग्रास यलो कहलाती है, भी एक ब्लू ही होती है और वह भी ग्रास जुएल के आवासी परिवेश में रहती है।

घ) निम्फैलिडी परिवार - इस समूह की सभी तितलियों के आगे के पैर बहुत घट गए ठूठों जैसे होते हैं जो बालों से ढँके होने के कारण ब्रशों जैसे दिखाई देते हैं। आम तौर पर ब्रश-फुटेड (ब्रश जैसे पैरों वाली) तितलियाँ कहलाने वाली, निम्फेलिड्स तितलियों का सबसे बड़ा परिवार बनाती हैं, जिसमें ऐसी विभिन्न प्रकार की प्रजातियों की सूची रहती है जिन्हें पहले दूसरे परिवार समूहों में वर्गीकृत किया जाता था। इस समूह को आसानी से पहचाना जा सकता है - ऐसी तितलियों पर गौर करें जो अपने केवल चार पैरों पर ही खड़ी होती हैं। सिकुड़े हुए आगे के दो पैर, जो सिर के नीचे होते हैं, इस तितली के किसी काम आने के लिहाज से बहुत छोटे होते हैं, इसलिए यह अपने बाकी दो जोड़ी पैरों का इस्तेमाल करती हुई ही किसी चीज पर बैठती है। यह विशेषता समान रूप से नरों और मादाओं, दोनों में होती है, सिवाय निम्फैलिड्स के एक समूह के जिसे बीक्स कहते हैं। इस शारीरिक विशेषता के कारण को पूरी तरह से समझा जाना अभी बाकी है। सबसे प्रमुख धारणा यह है कि बालों वाले आगे के पैरों को उन विभिन्न प्रकार के व्यवहारों के लिए इस्तेमाल किया जाता है जिन्हें इस समूह में देखा जा सकता है। ये तितलियाँ इनके जीवन के सभी चरणों - अण्डे, लार्वा, इल्ली, प्यूपा से वयस्क तक - में आकृति, डिजाइन और रंग की दृष्टियों



चित्र 10 ए : एमीग्रेंट



चित्र 10 बी : ग्रास यलो



चित्र 10 सी : ग्रेट ऑरेंज टिप

से भारी विविधता दर्शाती हैं। मोनार्क नामक प्रसिद्ध मिल्कवीड तितली जिसके स्थान परिवर्तन करने के प्रवासी व्यवहार का विस्तृत अध्ययन किया गया है, इसी परिवार की सदस्य है। इस परिवार की एक अन्य संसार भर में देखी जाने वालीऔर स्थान परिवर्तन करने वाली तितली पेंटेड लेडी है। कल्पनाशील ढंग से दिए गए नामों वाली कुछ निम्फैलिड्स तितलियाँ जिनको देखने में आपको आनन्द आएगा, इस प्रकार हैं - राजा, प्रिंस, नवाब, बेगम, कालिफ, ऐम्परर, कोर्टीसन, जोकर, जैस्टर, आर्कड्यूक, ड्यूक, डचेस, बैरन, बैरोनेट, अर्ल, वाइकाउंट, कमाण्डर, कोमोडोर, पाशा, सार्जेंट, सेलर, कांस्टेबल, मैप, मैपलेट, पोपिंजे, ब्राउन, क्रो, टाइगर, पैंथर, फॉन, निम्फ, ओकलीफ, पामफ्लाई तथा पैंसी। इनमें से अनेक को जंगलों से भरे क्षेत्रों में देखा जा सकता है, लेकिन कई को शहरी इलाकों में भी देखा जा सकता है। निम्फैलिड्स की इल्लियों और वयस्क तितलियों के भोजन वाले पौधों में कई बाड़ बनाने वाले आम पौधे, जैसे कि ओलिएण्डर्स, लैंटान, ड्यूरैंटा, बहुत आम जंगली पौधा कैलोट्रोपिक्स, तथा कम्पोजिटी परिवार के उगाए जाने वाले फूलों के पौधे शामिल हैं।

च) हैस्पेरिडी परिवार - इनका आम नाम 'स्किपर्स (छलाँग लगाने वाली)' इनकी फुर्ती से तेज छोटी उड़ान भरने की आदत का वर्णन करता है। छोटे आकार की, स्थूल और बालों वाली तितलियों के इस समूह में से अनेक को भ्रमवश पतंगा समझ लिया जाता है, जिनसे इनका सम्बन्ध, अन्य तितलियों के परिवारों से उनके सम्बन्ध की तुलना में ज्यादा घनिष्ठ होता है। आप स्किपर्स को उनके हुक (फाँसने का काँटा) या कौमा की आकृति वाले एन्टेनों से पहचान सकते हैं, जो अधिकांश अन्य तितलियों के गोल सिर वाले डण्डों जैसे एन्टेनों से स्पष्ट रूप से भिन्न दिखाई देते हैं। इनमें से अनेक तितलियों को सूर्य उगने के पहले भोर के उजाले में या साँझ के समय देखा जा सकता है, हालाँकि कुछ दिन के दौरान भी नजर आ सकती हैं। इनमें से कई केलों और धान जैसे उगाए जाने वाले पौधों की कीट होती हैं। वास्तव में, कुछ समय पहले दक्षिण भारत के केलों के बगीचों में तब बड़ी संख्या में पौधे नष्ट हो गए थे जब उन पर टोरस बनाना स्किपर *एरिओनोटा टोरस* (जो बनाना लीफ रोलर या पाम रैड आई भी कहलाती है) का बड़ा हमला हुआ। ऑल्स, डार्ट्स, स्विफ्ट्स, फ्लैट, ऐंगल, एस, स्किपर, हॉपर, फ्लिटर, डेमन, बॉब, ऐस, रैडआई, आदि भारत में पाई जाने वाली लगभग 321 स्किपर प्रजातियों में से कुछ के उदाहरण हैं।

कक्षा में तितलियाँ

तितलियों के अध्ययन का सबसे अच्छा तरीका तो क्षेत्रभ्रमण पर जाना होता है। फिर इनमें से कुछ अध्ययनों को बाद में जारी रखा जा सकता है।

1) कक्षा में तितलियों का रक्षागृह (कंजर्वेटरी) निर्मित करना

कक्षा में आई हुई तितलियों का निरीक्षण करें : यदि आप कुछ समय देने और प्रयास करने के लिए तैयार हैं तो आप तितलियों को अपनी कक्षा में आमंत्रित कर सकते हैं। यह बहुत कठिन नहीं होता। आपको अपनी कक्षा में गमलों में लगे हुए कुछ पौधे रखने की जरूरत होती है। विद्यार्थियों को इन पौधों को तैयार करने और इनकी देखभाल करने में मजा भी आ सकता है।



चित्र 11 ए: मेटेलिक सेरुलीन यूएन



चित्र 11 बी : मेटेलिक सेरुलीन यूपी



चित्र 11 सी : टाइनी ग्रास ब्लू



चित्र 11 डी : रैड पियरोट

अपने पास की नर्सरी में जाकर वहाँ से इसके लिए आवश्यक सामग्री, जैसे कि गमले, मिट्टी और खाद तथा कुछ छोटे पौधे, प्राप्त कर लें। कलंकोस ऐसे रस भरे पौधे होते हैं जिनको एक बार गमले में लगा देने के बाद बहुत देखभाल करने की जरूरत नहीं होती। इनको बस सूर्य की रोशनी, गर्माहट और कभी-कभी पानी देने भर की जरूरत होती है। कलंकोस आम तौर पर ध्यान आकर्षित करने वाली रैड पिएरैट का भोजन का पौधा होता है। चूँकि वे ये ब्रायोफिल्लम जैसे ही होते हैं, इसलिए आप इन पौधों का उपयोग वनस्पति के प्रसारण की शिक्षा देने के लिए भी कर सकते हैं। जब आप नर्सरी में हों, तब एक *नेरियम* पौधा भी चुन लें और एक बड़े या कम से कम मध्यम आकार वाले गमले में लगाएँ। ये भी आपकी कक्षा में रह सकते हैं। *नेरियम* जल्दी ही टाइगर तितलियों को, विशेष रूप से ग्लासी ब्लू टाइगर, या यहाँ तक कि प्लेन टाइगर को भी,

आकर्षित कर लेगा। यदि आप तितलियों की अधिक प्रजातियाँ चाहते हैं, तो आप *ट्राइडैक्स प्रोकम्बेंस* और *क्रोटोलारिया स्प.* (प्रजाति) उगाने पर विचार कर सकते हैं, जो दोनों ही फालतू जमीनों पर या सड़क किनारे उगते हुए पाए जा सकते हैं। आप *अरिस्टोलोकिया स्प.* भी उगा सकते हैं, जो एक खूबसूरत पौधा होता है जिसके डलिया जैसे फल होते हैं, और यह स्वालोटेल्स तितलियों का पसन्दीदा भोजन का पौधा होता है। यदि एक महीने के भीतर मेहमान तितलियाँ कक्षा में आना शुरू नहीं करतीं, तो फिर आपको अपने विद्यार्थियों को इल्लियों को खोजने के लिए क्षेत्र भ्रमण पर ले जाना पड़ सकता है।

2) इल्ली की तलाश में



चित्र 12 ए: ऑरेंज ओकलीफ



चित्र 12 बी : कॉमन ईवनिंग ब्राउन



चित्र 12 सी : ग्रीन कोमोडोर



चित्र 12 डी : पोपिंजे

तितलियों की कंजर्वेटरी निर्मित करने का सबसे अच्छा समय मानसून के एक-दो सप्ताह पहले का होता है। इल्लियों की तलाश वैसे तो कभी भी की जा सकती है, परन्तु मानसून के दौरान आप उन्हें निश्चित रूप से देख सकते हैं। इल्लियों के लिए पौधों की पत्तियों के नीचे देखें। यदि आपके स्कूल में बगीचा है तो आप इल्लियों की तलाश स्कूल के परिसर में ही कर सकते हैं। यदि आप भाग्यशाली हुए तो आपको तितलियों के अण्डे भी मिल सकते हैं। उन इल्लियों को पाने की कोशिश करें जो कैलोट्रोपिस या कढ़ी पत्ते के पौधों पर पाई जाती हैं क्योंकि उन्हें अपने आहार को बदलकर उसे *नैरियम* स्प से प्राप्त करने में कोई एतराज नहीं होगा।

3) तितलियों का निकलना देखने के लिए इल्लियों को पालना (यह गतिविधि आम तौर पर स्कूलों में होती है, परन्तु मैंने इसे काफी एकीकृत बना दिया है)

1. यह उस स्थिति के लिए है जब आपने, जिन पौधों का मैंने ऊपर उल्लेख किया है, उनसे अलग किसी पौधे से इल्ली को चुना है।

आवश्यक सामग्री : इल्ली को रहने के लिए एक अच्छा हवादार बॉक्स जिसके ढक्कन में छेद हो। इल्ली को उठाने-रखने के लिए एक साफ प्लास्टिक के बैग से एक दस्ताना बना लीजिए। बॉक्स को साफ करने के लिए कुछ टिशू पेपर। एक तौलने की तराजू। दैनिक अवलोकनों को दर्ज करने के लिए एक तालिका वाली शीट।



चित्र 13 ए : पेल ग्रीन ऑवलेट



चित्र 13 बी : कॉमन रैड आई



चित्र 13 सी : चैस्टनट ऐंगल

2. यदि आपने उन पौधों से इल्लियाँ इकट्ठी की हैं जिनका मैंने ऊपर उल्लेख किया है, या आप देखें कि जिन इल्लियों को आपने इकट्ठा किया है वे *नैरियम* या ओलिएण्डर की पत्तियाँ खाती हैं, तब पहले बताई गई सामग्री की वास्तव में जरूरत नहीं पड़ती।

आप इस मौके का उपयोग गणित की कुछ अवधारणाओं को सिखाने के लिए कर सकते हैं। इल्ली को बॉक्स या पौधे पर रखने से पहले उसका वजन लेकर दर्ज करें। बॉक्स में रखी जाने वाली पत्तियों का वजन लें ताकि यह पता चल जाए कि एक इल्ली प्रतिदिन कितना खाती है। चूँकि पत्तियाँ बहुत हल्की हो सकती हैं इसलिए विद्यार्थियों के साथ चर्चा करें कि उनका वजन कैसे लिया जा सकता है, खास तौर पर जब आपके पास परिष्कृत इलेक्ट्रॉनिक तौलने की मशीन न हो (संकेत - पत्तियों के साथ कोई भारी चीज रखकर वजन कर लें। फिर इसमें से भारी चीज का वजन घटा दें, इस तरह आपको पत्तियों का भार ज्ञात हो जाएगा)।

इल्ली की लम्बाई और रंग के साथ ही जितनी अधिक विशेषताओं को दर्ज करके आप उनका रिकार्ड रख सकें उतना ही अच्छा है। इल्ली किस तरह पत्तियों को चबाती है इसका निरीक्षण करें। जैसे-जैसे वह खाती है वैसे ही वह मल निष्काषित करती है। यदि आप चाहें तो उसके मल को इकट्ठा करके उसका



चित्र 14 : तितलियों की इल्लियों के लिए सामान्य भोजन वाले पौधे - ए) *क्रोटोलारिया स्प.*, बी) *कैलोट्रोपिस स्प.*, सी) *नेरियम स्प.*, तथा डी) *अरिस्टोलोकिया स्प.* ई) *ट्राइडैक्स प्रोकम्बेंस*

वजन ले सकते हैं। इससे आपको एक मोटा अनुमान हो जाएगा कि पत्ती का कितना भाग इल्ली द्वारा बढ़ने के लिए इस्तेमाल कर लिया गया है और कितना निकाल दिया गया है। ये केवल ऐसी मोटी गणनाएँ होती हैं जो आपको इल्ली के आहार की जरूरतों का अनुमान लगाने में मदद करती हैं।

प्यूपा बनने से पहले इल्लियाँ कम से कम तीन से चार बार अपनी केंचुल छोड़ती हैं। इसको भी दर्ज करें। छोड़ी गई केंचुल जैसी त्वचा को इकट्ठी कर लें और उस पर कुछ रासायनिक परीक्षण करें, उदाहरण के लिए आप छोड़ी गई त्वचा के छोटे टुकड़े लेकर उनमें स्टार्च, शुगर (शक्कर) और प्रोटीन की मौजूदगी की जाँच करने के लिए परीक्षण कर सकते हैं।

आप ऐसे ही परीक्षण इल्ली के मल के साथ भी कर सकते हैं। वास्तव में, कुछ मल का क्लोरीन, सल्फर इत्यादि की मौजूदगी के लिए भी परीक्षण किया जा सकता है।

इल्ली की बढ़त और उसमें हो रहे किन्हीं भी गौर करने लायक परिवर्तनों का रिकार्ड रखें। यदि आप उसे कम खाती हुई और ज्यादा सुस्त बनती हुई देखें तो आप निश्चित तौर पर कह सकते हैं कि वह प्यूपा बनने (प्यूपेशन) की तैयारी कर रही है। यदि इल्ली एक बॉक्स में है तो प्यूपा बनने के आधार के लिए आप उसे एक छोटी मजबूत डण्डी प्रदान कर सकते हैं। प्यूपा का किन्हीं भी गौर करने लायक परिवर्तनों के लिए निरीक्षण करते रहें।

अब तितली के निकलने की प्रतीक्षा करें। यदि वह टाइगर या क्रो प्रजाति की है, तब आपका इन्तजार एक या दो सप्ताह से ज्यादा लम्बा नहीं होगा।

आप इस गतिविधि के माध्यम से क्या सिखा सकते हैं?

जुटाए गए आँकड़ों का इस्तेमाल मापने और द्रव्यमान या भार की अवधारणाओं को दोहराने के लिए करें।

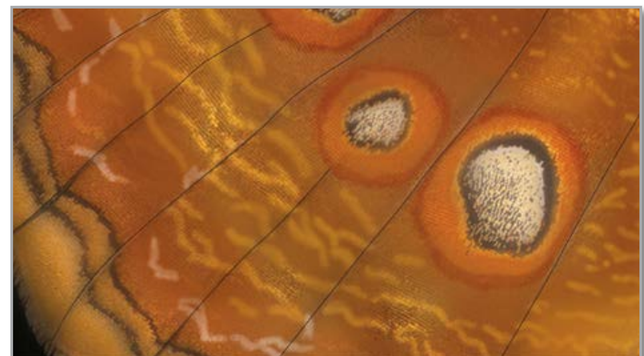
रासायनिक विश्लेषण

पूर्ण रूपान्तरण

विद्यार्थियों के साथ इल्ली और वयस्क तितली के द्वारा खाए



चित्र 15 : मछली का आहार करती हुई कॉमन नवाब तितली



चित्र 16 : 10X (दस गुना) आवर्धन के साथ देखे गए एक तितली के स्केल्स Dr. Thomas G. U.S. Fish and WildlifeService Headquarters, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Butterfly_scale_ pattern_(6293105393).jpg. License: CC-BY.

जाने वाले भिन्न-भिन्न प्रकार के खाद्य-पदार्थों के महत्त्व के सन्दर्भ में उनकी प्रजाति के बचे रहने की सम्भावना पर चर्चा करें।

4) तितली की तलाश में

जब आप इल्लियों की तलाश कर रहे हों, तब आप तितलियों को आकर्षित करने के लिए कुछ तरकीबें आजमा सकते हैं। तितलियाँ न केवल फूलों के रस का पान करती हैं, बल्कि सड़े हुए मांस से भी आहार प्राप्त करती हैं। यदि आप कुछ मरी हुई मछली, केंकड़े या झींगों को किसी ऐसी जगह रख दें जहाँ थोड़ी बहुत धूप हो, तो आप जल्दी ही पाएँगे कि कई निम्फैलिड तितलियाँ उनका भोजन करने के लिए आ रही हैं।

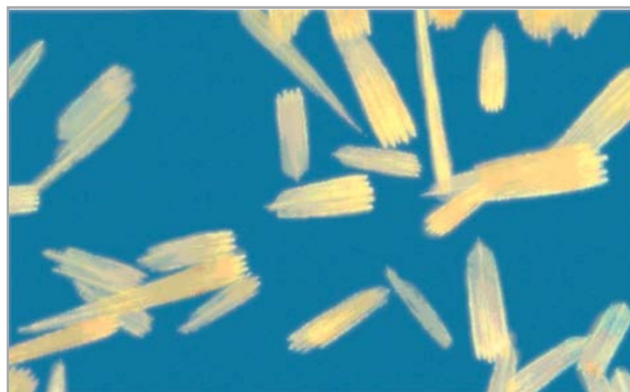
भोजन करती हुई तितलियों को थोड़ी दूर से देखें। यदि आप यह गतिविधि किसी पेड़ों से भरे जंगल के इलाके में या किसी पहाड़ी क्षेत्र में कर रहे हैं तो आप निश्चित रूप से राजा, अर्ल, नवाब, योमैन और यहाँ तक कि पैपीलायोनिड तितलियों को भी मांस के टुकड़ों पर आता हुआ देखेंगे। उनका निरीक्षण करते हुए अपनी स्थिति को इस तरह से बदलें कि आपको उनके पंखों पर अलग-अलग कोणों से रोशनी पड़ती हुई दिखाई दे। आप देखेंगे कि पंखों के रंगों की आभाएँ किस तरह उन पर पड़ती रोशनी के आधार पर बदलती रहती हैं। इन सब चीजों के बारे में टिप्पणियाँ दर्ज करें और चित्र बनाएँ, और फिर जब आप कक्षा में वापिस जाएँ, तो जो कुछ आपने देखा है उसे बेहतर ढंग से समझने के लिए इस लेख में उल्लेख की गई सन्दर्भ सामग्री का उपयोग करें।

5) स्केल्स को सूक्ष्मदर्शी में नीचे रखकर निरीक्षण करना

इस गतिविधि के लिए आपको किसी मरी हुई तितली के पंख के एक टुकड़े की जरूरत होगी। यदि आपको कोई मरी हुई तितली नहीं मिलती, तो आप एक तितली को पकड़ने के लिए जाल का उपयोग कर सकते हैं, और फिर बहुत हल्के हाथ से पेंट करने के एक नरम ब्रश को उसके पंखों पर फिराएँ। तितली को अपने नंगे हाथों से पकड़ने की कोशिश न करें क्योंकि ऐसा करने पर आप उसके पंखों को नुकसान पहुँचाएँगे। जब आपका काम हो जाए तो तितली को मुक्त कर दें।

ब्रश को एक काँच की स्लाइड पर झड़ा दें और उसके ऊपर ग्लिसरीन की एक बूँद डाल दें। ग्लिसरीन के ऊपर एक आवरण (कवर स्लिप) चढ़ा दें। एक फिल्टर पेपर का इस्तेमाल करके कवर स्लिप के किनारों से बाहर बहते हुए अतिरिक्त ग्लिसरीन को पोंछ दें।

अब एक संयुक्त सूक्ष्मदर्शी लें और उसे 10X आवर्धन के लिए तैयार करें। फिर जो स्लाइड आपने अभी तैयार की है उसे सूक्ष्मदर्शी के प्लेटफार्म पर रखें और फोकस करें। अब



चित्र 17 : अलग-अलग स्केल्स जब उनकी 'धूल' को 40 X या 60 X के आवर्धन पर फोकस किया गया। Adapted from photo by Jan Homann, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/ File:Mottenfl%C3%BCgel_in_Mikroskop.jpg. License: Public Domain.

अवलोकन करने पर आपको तितली के स्केल्स दिखाई देंगे।

अब उसी स्लाइड को अधिक उच्च आवर्धन पर देखें। उस पर पड़ने वाले प्रकाश की मात्रा को बदल-बदलकर उसके प्रभाव का निरीक्षण करें। कक्षा के अन्त में उड़ान और रंग की दृष्टि से पंखों के स्केल्स के महत्त्व पर चर्चा करें। यह प्रकाश की तरंगदैर्ध्य, रंग, अपवर्तन तथा परावर्तन से सम्बन्धित अवधारणाओं पर चर्चा करने के लिए भी एक अच्छा अवसर होगा।

यदि आप एक मरी हुई तितली का पंख पाने में कामयाब होते हैं, तो निम्नलिखित उपायों में से एक का इस्तेमाल करके उसके रंग की जाँच-पड़ताल करें :

1. एक तितली को पकड़ने की कोशिश करने के बजाय, अब इसी पंख के साथ गतिविधि 5 को करें। ब्रश से उसकी कुछ



चित्र 18 : रंग की आभाओं में परिवर्तन को दर्शाती हुई इण्डियन पर्पल एम्परर तितली

संरचनात्मक रंग

रंजकों के मौजूद न होने पर भी, केवल प्रकाश के प्रभावों, जैसे कि अपवर्तन, विवर्तन तथा व्यवधान के परिणामस्वरूप भी कुछ चमकदार रंग पैदा किए जा सकते हैं। ऐसे रंगों के उदाहरणों में किसी सीडी की सतह से परावर्तित होने वाले या साबुन के बुलबुले में दिखने वाले रंग शामिल हैं। चूँकि ये रंग उस तरीके पर निर्भर करते हैं जिस तरह भौतिक संरचनाएँ प्रकाश के साथ अन्तर्क्रिया करती हैं, इसलिए इन्हें संरचनात्मक रंग कहा जाता है।

तितलियों के पंखों में संरचनात्मक रंग स्केल्स की जमावट के कारण पैदा होते हैं। हालाँकि स्केल्स की जमावट की विस्तृत जानकारी इस लेख के दायरे से बाहर की बात है, परन्तु सरल शब्दों में, ये स्केल्स बहुत ही उच्च स्तरीय ढंग से, लेकिन परतों में व्यवस्थित रहते हैं जिनके बीच की खाली जगह में हवा होती है। यह जमावट व्यवधान के काम करने की सुविधा देती है। प्रकाश की तरंगें एक परत के स्केल्स पर पड़ती हैं, और जहाँ कुछ प्रकाश की तरंगें परावर्तित हो जाती हैं, अन्य तरंगें अगली परत तक और उससे अगली परत तक, हर परत के स्केल्स पर पड़ती हुई, आगे बढ़ती जाती हैं, और हर परत से परावर्तित होती जाती हैं। इस प्रकार प्रकाश अनेक बार परावर्तित होता है। हो सकता है कि प्रकाश की ये तरंगें एक ही फेज में न हों, स्केल्स और उनके बीच की हवा ऐसी चीजें हैं जिनके अलग-अलग अपवर्तन सूचकांक होते हैं, जिनके परिणामस्वरूप 'रचनात्मक व्यवधान' पैदा होता है जो परावर्तन को मजबूत बनाता है। इस सबका सामूहिक परिणामी प्रभाव ही झिलमिलाहट होती है। जब कोण बदलता है और जिस कोण से प्रकाश तितली के पंख पर पड़ता है, तो रचनात्मक व्यवधान भी बदलता है, जिसके परिणामस्वरूप एक रंग की भिन्न-भिन्न आभाएँ (ह्यूज) पैदा होती हैं।

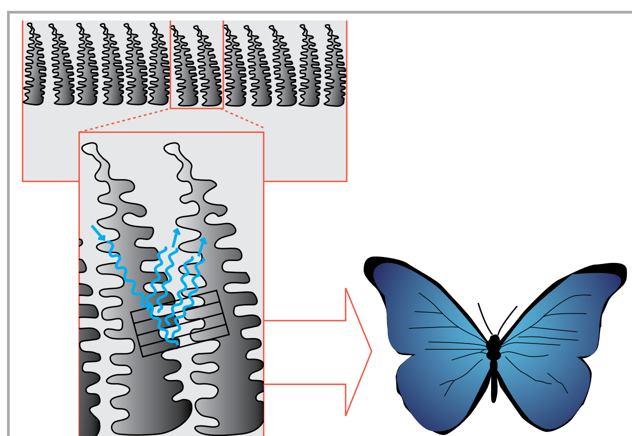
धूल को एक ग्लास स्लाइड पर झड़ा लें और फिर ऊपर के निर्देशों का अनुसरण करें।

2. उस पंख को सूरज की रोशनी में ले जाएँ और उसे जिस भी तरफ चाहें उस तरफ झुकाएँ। क्या आपको उसके रंगों में कोई अन्तर दिखाई देता है? क्या आपको रंग-बिरंगी झिलमिलाहट दिखाई देती है?

स्केल्स तथा रंग

जब आप किसी तितली के पंखों को छूते हैं तो आपकी उँगलियों पर जो धूल जैसी लग जाती है, वह वास्तव में उसके स्केल्स होते हैं। तितली के पंखों पर स्केल्स की जमावट उन पंखों के रंग और संरचनाओं, दोनों के लिए जिम्मेदार होती है।

किस तरह से ऐसा होता है? आपको जो रंग दिखाई देते हैं वे दो प्रक्रियाओं का परिणाम होते हैं - एक का परिणाम 'सामान्य' रंग होता है, और दूसरी के फलस्वरूप 'झिलमिलाहट' वाला रंग दिखता है।'सामान्य' रंग प्रकाश के अवशोषण और परावर्तन की सरल प्रक्रिया के परिणामस्वरूप पैदा होता है। तितली के पंखों में मौजूद रंजक प्रकाश की कुछ तरंगदैर्ध्यों को अवशोषित कर लेते हैं और अन्यों को परावर्तित कर देते हैं, जिन्हें हम पीले, हरे या लाल इत्यादि रंगों की तरह देखते हैं। 'झिलमिलाहट' वाले रंग स्केल्स पर पड़ने वाले प्रकाश में हुए व्यवधान के फलस्वरूप बहु-परावर्तनों के कारण पैदा होते हैं। पंखों पर जो झिलमिलाहट वाला रंग आपकी आँखों को दिखाई देता है वह इस पर निर्भर करता है कि आप पंखों को कहाँ से देखते हैं। चूँकि झिलमिलाहट पंखों पर स्केल्स की जमावट पर निर्भर करती है, इसलिए इन रंगों को 'संरचनात्मक' रंग भी कहा जाता है। तितली के पंखों का रंग इन दोनों के संयोजन से भी पैदा हो सकता है। यदि उनमें कोई रंजक ऐसा है जो झिलमिलाहट वाली सतह से पीले रंग को परावर्तित कर सकता है, तो परिणामी रंग एक 'सामान्य' रंग, जैसे कि गैर-झिलमिलाहट वाला हरा भी हो सकता है।



चित्र 19 : अति सूक्ष्म पैमाने पर तितली के पंखों की संरचना। पेड़ के जैसी दिखने वाली संरचनाएँ स्केल्स की जमावट हैं। यह 'पेड़' और उसके बीच में मौजूद हवा ही भिन्न-भिन्न अपवर्तन सूचकांकों वाली ऐसी दो चीजें हैं जो रचनात्मक व्यवधान को सुगम बनाती हैं।[12]

निष्कर्ष

यह जरूरी नहीं कि तितलियाँ केवल आपकी विज्ञान कक्षा तक ही सीमित रहें। वे भाषा या कला के किसी पाठ का हिस्सा भी हो सकती हैं। जब आप तितलियों के इस पाठ को समाप्त कर रहे हों तब नीचे दी गई कविता को अपनी कक्षा के साथ साझा करें।

कविता

तितलियाँ फड़फड़ाती हुई गुजर जाती हैं
अपने रंग-बिरंगे पंखों पर जो आँखों को लुभाते हैं,
अपने नारंगी, और चांदी से चमकते नीले पंखों पर,
और सुनहरे पीले पंखों पर भी,
तितलियाँ हवा में तिरती हैं,
वे अपना घर कहीं भी बना लेती हैं,
वर्षावन में, खेत और घास के मैदान में,
पहाड़ों की चोटियों पर और रेगिस्तान की रेत में,
यदि जाड़ा अपने साथ ठण्ड और बर्फ ले आता है,
तो वे गरम जलवायु के स्थानों की ओर उड़ जाती हैं,
और फिर अगले बसन्त में घर लौटती हैं,
पंखों पर उड़ती हुई सुन्दर तितलियाँ!

- लेखक अज्ञात

क्या आप तितलियों से मेलजोल बढ़ाना शुरू करना चाहते हैं?

तो इस अंक के पिछले आवरण पर दिया गया हमारा जेबी आकार का तितलियों का सुन्दर पैम्फलेट देखें।



References

1. K. C. Hamer, J. K. Hill, S. Benedick, N. Mustaffa, V. K. Chey and M. Maryati (2006). Diversity and ecology of carrion- and fruit-feeding butterflies in Bornean rain forest. Journal of Tropical Ecology, 22, pp 25-33. doi:10.1017/S0266467405002750.
2. Sculley, C.E. & Boggs, C.L. (1996): Mating systems and sexual division of foraging effort affect puddling behaviour by butterflies. Ecological Entomology 21(2): 193-197.
3. Boggs, CL & LA Jackson (1991) Mud puddling by butterflies is not a simple matter Ecological Entomology 16(1):123-127 doi:10.1111/j.1365-2311.1991.tb00199
4. Medley S.R. & Eisner, T. (1996): Sodium: a male nuptial gift to its offspring. PNAS 93(2): 809–813
5. Fernandes, Neil,D.(2013): Butterfly wings hold deadly cone snail neurotoxin. http://flutters.org/home/html/behavior/snail_neurotoxin.html.
6. Smetacek, Peter (2015): Papilionid Butterflies of the Indian Subcontinent.
7. Kehimkar, Issac. (2008): Book of Indian Butterflies 2008. BNHS and Oxford University Press.
8. Sondhi and Kunte, (2014): Butterflies and Moths of Pakke Tiger Reserve. TitliTrust and Indian Foundation for Butterflies.
9. Thomas, Rebecca & Iyer, Geetha. (2009) Satpada, Our World of Insects. Published by Rishi Valley Education Centre.
10. Presentation: Das, Kishen: Butterfly migration- a powerpoint presentation. http://flutters.org/home/html/migration.html Websites: Flutters.org and Ifoundbutterflies.org
11. Structural colours from *Morpho peleides* butterfly wing scales Yong Ding, Sheng Xu, and Zhong Lin Wang School of Materials Science and Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia 30332-0245, USA. URL: http://www.nanoscience.gatech.edu/paper/2009new/09_JAP_02.pdf
12. Physics of structural colour. URL: http://www.colours.phy.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2011/06/Physics-Handout-v6_after-print.pdf



गीता अय्यर लेखिका और स्वतंत्र परामर्शदाता हैं। वे शिक्षा तथा पर्यावरण के क्षेत्रों में काम कर रही हैं। उन्होंने शिक्षा, पर्यावरण तथा प्राकृतिक इतिहास से सम्बन्धित विषयों पर विस्तार से लिखा है।
उनसे brownfishowl@yahoo.co.uk पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** सत्येन्द्र त्रिपाठी

प्रकृति बुलाती है

बाहर खुले परिवेश में की जाने वाली प्रकृति पर आधारित गतिविधियों की एक श्रृंखला

नेचर कंज़र्वेशन फाउण्डेशन (एनसीएफ)

क्या आप जानते हैं कि बाहर का खुला परिवेश, जो पौधों, जानवरों, पक्षियों तथा कीटों से भरा पड़ा है, मन को पूरी तरह डुबो देने वाली और अत्यधिक रोचक कक्षा में रूपान्तरित हो सकता है? 'प्रकृति बुलाती है (नेचर काल्स)' प्रकृति-आधारित गतिविधियों की एक ऐसी शृंखला है जो विद्यार्थियों को उनके आसपास के परिवेश की छानबीन करने के लिए प्रोत्साहित करती है, और प्रकृति के बारे में उनके विस्मय और जिज्ञासा को उकसाती है।

विद्यार्थियों को, खास तौर पर जो शहरी इलाकों में रहते हैं, बाहर खुले वातावरण में प्रकृति के साथ बिताने के लिए ज्यादा समय नहीं मिलता। किसी भीड़भाड़ वाले शहर या कस्बे में भी कोई छोटा पार्क, जमीन का कोई खाली या छोड़ दिया गया टुकड़ा, या फिर स्कूल का या घर का बगीचा प्रकृति की गहन हलचल वाली जगह में रूपान्तरित हो सकता है।पेड़ों की छाल, पत्तियों का कूड़ा और झाड़ियाँ कई चींटियों, टिड्डों और मकड़ियों के घर होते हैं। कंक्रीट की दीवारों और पानी भरे छोटे डबरों में पतंगे, मधुमक्खियाँ, ततैयाँ, ड्रैगनफ्लाइज और यहाँ तक कि मेंढक भी अपने घर बना सकते हैं!

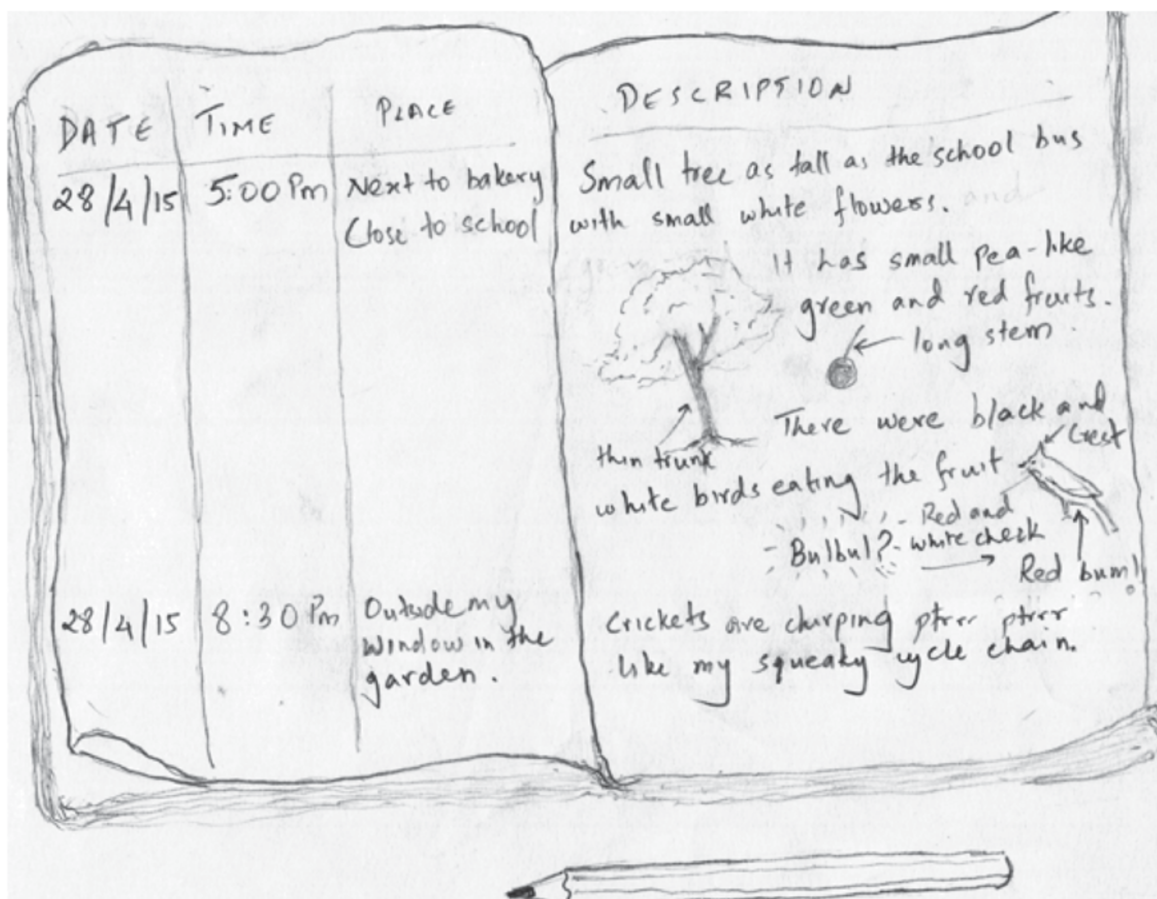
हम प्रकृति के सानिध्य में या बाहर के खुले वातावरण में की जाने वाली गतिविधियों की एक शृंखला प्रस्तुत करते हैं जिनकी रचना बच्चों को प्राकृतिक संसार का अवलोकन करने और उसका अनुभव करने के लिए प्रोत्साहित करने के उद्देश्य से की गई है। इन गतिविधियों का सम्बन्ध, विद्यार्थियों के घरों या उनके आसपास के परिवेश, बगीचों, पार्कों, स्कूल के परिसरों तथा खेल के मैदानों में पाए जाने वाले अनेक ऐसे पौधों और पशुओं से है जिनसे उनका सामना होने की बहुत सम्भावना होती है।

इन गतिविधियों का स्वरूप जान-बूझकर बहुत सरल रखा गया है। प्रौद्योगिकी और मन को भटकाने वाली अन्य तमाम चीजों से भरे संसार में, जहाँ सीखने का काम आमतौर पर किसी बन्द कमरे के वातावरण में होता है, हमारा उद्देश्य विद्यार्थियों को थोड़ा थमने और जीवन के उस भण्डार और विविधता का अवलोकन करने के लिए प्रोत्साहित करना है जो उनके चारों ओर है। खोज तथा विस्मय के उस एहसास को महसूस करने में उनकी मदद करना है जो प्राकृतिक संसार हमें प्रदान करता है।

शिक्षकों के लिए सुझाव

- किसी गतिविधि को वास्तव में करने से कुछ दिन पहले उसके केन्द्रीय विषय को अपने विद्यार्थियों के साथ साझा करें। गतिविधि के दिन काम शुरू करने से पहले विद्यार्थियों को उस विषय के बारे में उनकी समझ, विचारों और सवालों को सबके साथ साझा करने के लिए प्रोत्साहित करें।

- इस बात पर जोर दें कि प्रकृति का अवलोकन करने का यह अर्थ नहीं है कि उन्हें हर उस जानवर, पौधे, चिड़िया या कीट को पहचानना या उसका नाम बताना है जिससे उनका सामना होता है। इसके बजाय, इन गतिविधियों का प्रयोजन यह देखना है कि वे जो कुछ देखते हैं उसका अपने ढंग से और किसी भी माध्यम (लिखित विवरण, रेखाचित्र, कविताओं, तस्वीरों) के द्वारा जो उनके लिए सबसे सहज हो, वे कितनी अच्छी तरह से वर्णन कर सकते हैं। यदि कोई जानवर या पौधा उनकी दिलचस्पी को उकसाता है तो उन्हें उसका जितने विस्तार से वे वर्णन कर सकते हैं वैसा करने के लिए प्रोत्साहित करें। ऐसी पहली प्रजाति के बारे में, जिसका आप उनके साथ अवलोकन करते हैं, उनसे इस प्रकार के सवाल करें, जैसे कि वह यह कीड़ा क्या कर रहा है? क्या तुम उस जगह का वर्णन कर सकते हो जहाँ यह हमें दिखाई दे रहा है? क्या इस कीड़े को कहीं और देखने का तुमको स्मरण आता है? क्या तुम इस कीड़े को किन्हीं अन्य जीवरूपों के साथ कोई अन्तर्क्रिया करते हुए देखते हो? क्या इस कीड़े के लिए किसी भी भाषा में कोई नाम तुम्हें मालूम है?
- अपने विद्यार्थियों को एक प्रकृति की डायरी (नेचर जर्नल) बनाने और नियमित रूप से भरने के लिए प्रोत्साहित करें। यह केवल एक तरफ सादे कागजों वाली कुछ शीटों को स्टेपल करके भी बनाया गया हो सकता है। प्रत्येक विद्यार्थी को यह तय करने दें कि वे अपने अवलोकनों को किस तरह - विवरणों, कविताओं, रेखाचित्रों आदि के रूप में, या यहाँ तक कि उन्हें दिलचस्प लगने वाले पौधों के दबाकर रखे गए हिस्सों के कोलाजों के रूप में - दर्ज करना चाहते हैं। खुले विकल्पों वाले प्रश्न, जैसे कि “यदि मैं एक ड्रैगनफ्लाई होता तो.....” या “यदि मैं गूलर (फाइकस) का एक पेड़ होता तो.....”, विद्यार्थियों को शुरुआत करने की दिशा में प्रेरित कर सकते हैं।
- सभी गतिविधियाँ अकेले-अकेले या फिर छोटे समूहों में



चित्र 1 :फील्ड डायरी का एक उदाहरण। Source: Content and Research – Nature Conservation Foundation, Design and Layout – Brainwave Magazine. URL: www.ncf-india.org and http://www.edu.ncf-india.org/.

की जा सकती हैं। हर गतिविधि के अन्त में विद्यार्थियों को उनके अवलोकनों को एक-दूसरे के साथ साझा करने और उन पर चर्चा करने के लिए प्रोत्साहित करें।

निष्कर्ष

हम आशा करते हैं कि आपको और आपके विद्यार्थियों को इन गतिविधियों में आनन्द आएगा। इनको करने के आपके अनुभवों के बारे में जानने की, और साथ ही इनको विद्यार्थियों के लिए अधिक आकर्षक बनाने के बारे में आपके किन्हीं सुझावों की हम उत्सुकतापूर्वक राह देखेंगे।

आभार

यहाँ दी गई गतिविधियाँ 'नेचर काल्स' नाम के एक अधिक व्यापक संग्रह का हिस्सा हैं। यह एक ऐसा शैक्षिक संसाधन है जिसे 8 से 14 साल की उम्र वाले बच्चों के लिए प्रकृति के सानिध्य में बाहर के खुले वातावरण में की जाने वाली गतिविधियों के रूप में नेचर कंजर्वेशन फाउण्डेशन द्वारा निर्मित किया गया है। इसे विप्रो एप्लाइंग थॉट इन स्कूल्स,बेंगलूरु की ओर से सहयोग दिया गया है। नेचर काल्स बिना किसी शुल्क के ऑनलाइन (www.edu.ncf-india.org), उपलब्ध है, जिसमें प्रत्येक गतिविधि को एक हाई रिजोल्यूशन पीडीएफ फाइल के रूप में दिया गया है जिसे शिक्षक प्रिंट करके अपनी कक्षाओं में इस्तेमाल कर सकते हैं। इस ऑनलाइन संसाधन में हर गतिविधि के नीचे अतिरिक्त जानकारी भी दी गई है। एक प्रतियोगिता भी है जो बच्चों को उनके अवलोकनों को भेजने के लिए प्रोत्साहित करती है, और ऐसे किन्हीं भी सवालों के लिए भी जगह दी गई है जो इन गतिविधियों या उनमें समाहित विषयों के बारे में शिक्षकों तथा विद्यार्थियों के हो सकते हैं। वे शिक्षक (विशेष रूप से ऐसे इलाकों के जहाँ इंटरनेट की सुविधा अच्छी या भरोसेमन्द नहीं होती) जो इन गतिविधियों की एक छपी हुई प्रतिलिपि चाहते हैं, उनसे हमारा अनुरोध है कि वे हमें नेचर कंजर्वेशन फाउण्डेशन (edu@ncf-india.org)के पते पर लिखें।



नेचर कंजर्वेशन फाउण्डेशन (एनसीएफ) एक गैर-मुनाफे वाला संगठन है जो प्राकृतिक संसार के बारे में शोधकार्य और उसके संरक्षण पर केन्द्रित है। एनसीएफ का ऐजुकेशन एण्ड पब्लिक इंगेजमैंट प्रोग्राम बच्चों तथा वयस्कों के लिए पारिस्थितिकी के अवलोकन सम्बन्धी कई परियोजनाएँ संचालित करता है। एनसीएफ प्रकृति के बारे में शैक्षिक सामग्री भी विकसित, प्रदर्शित और वितरित करता है। किसी भी प्रकार की जानकारी के लिए, कृपया सम्पर्क करें edu@ncf-india.org
अनुवाद : भरत त्रिपाठी



चिड़ियों का चहकना



एक पुरानी मित्र

घरेलू गौरैया सदियों से हमारे घरों में और उनके आसपास फुदकती रही हैं। वे सड़क किनारे के बिजली के खम्भों पर, छत के खपरैलों के नीचे और छत के पंखों को टाँगने की जगह पर अपने घोंसले बना लेती हैं। वे हमारे रसोईघर में, हमारे पिछवाड़े के आँगन में, सड़क के किनारे और हमारे खेतों में भोजन की तलाश करती रहती हैं।



जब वे घोंसले नहीं बना रही होती हैं या अपने बच्चों की देखभाल नहीं कर रही होती हैं, तब घरेलू गौरैया समूहों में रहती हैं। वे शोर मचाने वाली चिड़ियाँ होती हैं। विभिन्न प्रकार की बोलियों का इस्तेमाल करती हुई एक-दूसरे से बात करती हैं। वे चीं-चीं करती हैं, चहचहाती हैं और चटर-पटर करती हैं। जब उन्हें खतरा दिखाई देता है या जब वे मुसीबत में होती हैं तो वे तेज आवाज में चीखती भी हैं।



नर तथा मादा गौरैया के रंगों के संयोजन अलग-अलग होते हैं। नर का सिलेटी सिर, काला बिब (गर्दन के नीचे का भाग), सफेद गाल और पीठ गहरे भूरे रंग की होती है जिस पर काली पट्टियाँ होती हैं।



मादा ऊपर से पूरी हल्के भूरे रंग की होती है। सिर सिलेटी नहीं होता है और न ही काला बिब। हाँ गाल सफेद होते हैं।

फील्ड डायरी के लिए

बाहर जाएँ : घर से निकलने का समय अपनी डायरी में नोट करें।

गौरैया को खोजें : यदि आपको एक या अधिक गौरैया दिखाई दें, तो नोट करें कि वे आपको कहाँ दिखाई दीं - बाहर सड़क पर, किसी बगीचे में, किसी कम्पाउण्ड की चाहरदीवारी पर, किसी कूड़े के ढेर पर चुगती हुई - उनको सबसे पहले आपने कहाँ देखा?

उनकी गिनती करें : समूह में कितनी गौरैया हैं? यदि आपको घरेलू गौरैया का एक समूह मिलता है तो उन्हें थोड़ी देर तक गौर से देखें। आपको कितने नर और कितनी मादाएँ दिखाई देती हैं? क्या आपको नरों में काला बिब दिखाई देता है?

अन्य जानकारियाँ : अपने भ्रमण का स्थान, तारीख, भ्रमण शुरू करने और अन्त का समय और वह अनुमानित दूरी जो आपने चली नोट करें।



चौकन्नी, अपना सिर ऊँचा किए हुए



बच्चे को खाना खिलाते हुए



दो नर लड़ते हुए

यदि मैं कोई गौरैया न खोज सकूँ, तब क्या?



यदि आपको गौरैया न मिलें, केवल दूसरे पक्षी दिखाई दें, तो यह भी महत्त्वपूर्ण जानकारी है। अनेक स्थानों पर गौरैया की संख्या घटती जा रही है। न केवल यह जानना कि वे कहाँ दिखाई देती हैं, बल्कि यह जानना भी जरूरी है कि वे कहाँ दिखाई नहीं देतीं। उनकी घटती संख्या के पीछे विभिन्न कारण हो सकते हैं - पहले की तुलना में घोंसले बनाने के लिए कम जगह, वयस्क गौरैया के लिए अनाज के कम दाने और उनके चूजों के लिए कम कीड़े उपलब्ध होना।

प्रतियोगिता



एक अन्धविश्वास के अनुसार किसी गौरैया का उड़कर आपके घर में आना सौभाग्य का सूचक होता है (खास तौर पर यदि वह आपके घर में अपना घोंसला बनाती है)। अपने परिवार के किसी बुजुर्ग से पूछें कि क्या वे गौरैया के बारे में इस तरह की किन्हीं धारणाओं के बारे में जानते हैं।

www.edu.ncf-india.org पर आएँ। फील्ड डायरी में दर्ज की गई अपनी जानकारियों को हमारे साथ साझा करें। पढ़ें कि अन्य लोगों ने तब क्या देखा जब वे गौरैया की तलाश में गए। इसके साथ ही गौरैया की अन्य लोकप्रिय कहानियों के बारे में भी जानें। अपनी कोई कहानी edu@ncf-india.in पर साझा करें। आपके पास पुरस्कार के रूप में पक्षियों को पहचानने की एक फील्ड गाइड जीतने का मौका है।

यदि आपके पास कोई अन्य फीडबैक हो तो आप हमें letters@planetbrainwave.com पर भी लिख सकते हैं।

गुड़हल की कथाएँ



एक दिन का फूल

आप न केवल इस फूल को खा सकते हैं बल्कि इससे अपने जूते भी पालिश कर सकते हैं! मिलिए 'शू' फूल या गुड़हल से। एक बार खिलने पर गुड़हल आपके वातावरण को सजा देता है, लेकिन बस एक दिन के लिए। जैसे ही सूरज डूबता है, यह पौधे से गिरकर मुरझा जाता है।

गुड़हल की 200 से भी अधिक प्रजातियाँ होती हैं। इसकी वह किस्म, जो हम आम तौर पर बगीचों में देखते हैं, चाइनीज रोज कहलाती है।

गुड़हल की चाय का ताजगी भरा कप

हजारों साल पहले मिस्र के फराहो बादशाह गुड़हल की चाय पिया करते थे। आज भी मिस्र में होने वाली शादियों में यह एक आम पेय पदार्थ है। आप स्वयं पता कर सकते हैं कि गुड़हल की चाय का स्वाद कैसा होता है। यह बहुत आसान है।

- आपने जो गुड़हल के पौधे खोज निकाले हों उनके कुछ ताजे गिरे हुए फूल इकट्ठे कर लीजिए। यह सुनिश्चित कर लें कि उन पर किसी कीटनाशक दवा का छिड़काव न किया गया हो। अब फूलों के हरे सेपलों (फूल के बाह्य आधार दल) को, बीच के पीले बल्बों को, मखमली पैडों और उनकी डण्डियों को अलग कर दें।
- उनको अच्छी तरह से धो लें और एक कप फूलों पर 4-5 कप उबलता हुआ पानी डालें। मिश्रण को ढाँक दें और फूलों को 4-5 मिनट तक पानी में भीगने दें। गुड़हल के फूल एक रंजक (डाई) की तरह भी काम करते हैं, इसलिए यह सुनिश्चित कर लें कि आपके कपड़ों पर उनके रंग के दाग न लग जाएँ।
- अब रस को बारीक छन्नी से छान लें, इसमें (अपने स्वाद के अनुसार) कुछ शक्कर मिलाकर घोल लें। कुछ लोग इस चाय का स्वाद बढ़ाने के लिए इसमें नीबू की फाँकें, पुदीना या सन्तरे के छिलके भी मिला देते हैं।
- आप फूलों को धूप में अच्छी तरह सुखाकर भी रख सकते हैं ताकि उन्हें बाद में इस्तेमाल कर सकें।





फील्ड डायरी के लिए

एक ऐसे गुड़हल के पौधे को खोज लें जिस पर फूल खिल रहे हों। एक नापने का टेप और एक आवर्धक शीशा ले लें और सूर्योदय के समय पौधे के पास जाएँ। यदि आप पर्याप्त जल्दी पहुँच जाएँगे, तो जब सूरज उगता है तब आप सचमुच में अपनी आँखों के सामने एक फूल को खिलता हुआ देख सकते हैं।

- आपका गुड़हल का पौधा कितना ऊँचा है?
- उसकी कई पत्तियों को देखें। उनकी आकृति कैसी है? पत्तियों को देखते हुए अपनी डायरी में उनके चित्र बनाएँ।
- उस पर कितने फूल हैं? उनकी गन्ध कैसी है?
- क्या आपको फूल में से एक मोटी डण्डी (नूडल) निकलती हुई दिखती है? उसके अगल-बगल में छोटे-छोटे पीले बल्ब जैसे होते हैं और उसके छोर पर छोटे मखमली पैड होते हैं। पीले बल्बों में पराग रहता है। अपने आवर्धक शीशे का उपयोग करते हुए देखें कि क्या आप लाल पैडों पर भी कोई पराग खोज सकते हैं।
- पंखुड़ियों से जो नली जैसी निर्मित होती है उसकी लम्बाई दर्ज करें। इस नली की तली ही वह जगह है जहाँ आपको इस फूल का रस मिलता है। किसी कीड़े की जीभ या किसी चिड़िया की चोंच की लम्बाई कितनी चाहिए, ताकि वह उस रस तक पहुँच सके? यह पता करने के लिए टेप का इस्तेमाल करें और इस लम्बाई को अपनी डायरी में नोट करें। तब क्या होगा जब कोई पक्षी या कोई कीट इस नली की तली तक नहीं पहुँच सकता - क्या इस मीठे रस तक पहुँचने का कोई अन्य तरीका हो सकता है?



फलों की तलाश करें। दरअसल बात यह है कि हो सकता है आपको कोई फल न मिलें। बहुत से लोगों ने, यहाँ तक कि वनस्पतिशास्त्रियों ने भी, गुड़हल के फल को नहीं देखा है। क्या यह सम्भव है कि किसी पौधे के फूल तो होते हों लेकिन वे फूल कोई फल न बनाते हों?

हमें अपनी फील्ड डायरी में बनाए गए चित्र और नोट की गई जानकारियाँ भेजें। यदि आपको गुड़हल के पौधे पर कोई कीड़े या पक्षी दिखाई दिए हों तो हमें बताएँ।



प्रतियोगिता

किसी बुजुर्ग सम्बन्धी से पूछें कि आपकी मातृभाषा में गुड़हल को क्या कहते हैं और वे इन फूलों का इस्तेमाल कैसे करते थे। अपने मित्रों और पड़ोसियों से पूछें कि उनकी भाषा में इसे क्या कहते हैं।

हमें अपने नामों की सूची (जितनी लम्बी सूची हो उतना ही अच्छा) या अपनी फील्ड डायरी में बनाए चित्र edu@ncf-india.org पर भेजें। आपके पास भारतीय पौधों पर एक किताब पुरस्कार में जीतने का मौका है।

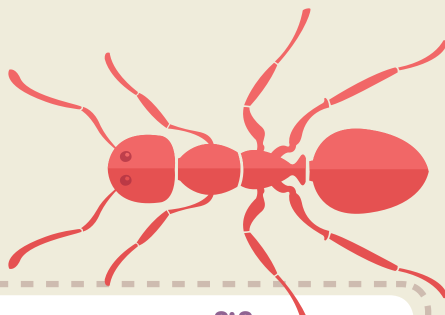
एनसीएफ से www.edu.ncf-india.org पर मिलें।

आप हमें अपना फीडबैक letters@planetbrainwave.com पर भी भेज सकते हैं।



Visit NCF at www.edu.ncf-india.org
You can also send in feedback to letters@planetbrainwave.com

nature conservation foundation
science for conservation



चींटियों के बारे में सब कुछ

विशेषज्ञ से मिलें

जयश्री से मिलिए जो चींटियों की विशेषज्ञ (मिरमेकोलोजिस्ट) हैं। वे चींटियों की दीवानी हैं।

चींटियाँ ही क्यों?

जयश्री : इसके कई कारण हैं। पहला तो यह कि इंसानों की तरह चींटियाँ भी सामाजिक जीव हैं। वे अच्छी तरह से व्यवस्थित कालोनियों में रहती हैं। संसार में खरबों चींटियाँ हैं। इतनी कि उनका कुल वजन जमीन पर रहने वाले सारे जीवों के वजन का 15-20 % भाग होगा।

मैं यह कैसे पता करूँ कि मैं एक चींटी को देख रही हूँ या एक दीमक को?

जयश्री : अच्छा सवाल है। हममें से अधिकांश लोग दीमकों को चींटी समझने की गलती करते हैं। इनमें अन्तर दाईं तरफ दर्शाए गए हैं।



चींटी परिवार की जासूसी करें



आपको चाहिए :
शक्कर के कुछ दाने, कार्डबोर्ड का एक टुकड़ा, एक-दो पत्थर और आपकी फील्ड डायरी

चरण 1 : एक चींटी को खोजें। उसका पीछा करते हुए उसकी कालोनी या घोंसले का पता लगाएँ। यदि आपको उनका घोंसला न मिले तो चींटियों की कतार से भी काम चलेगा।

चरण 2 : चींटियों के घोंसले या उनकी कतार से लगभग एक मीटर की दूरी पर कार्डबोर्ड का टुकड़ा रखकर उसे पत्थर से दबा दें और उस पर शक्कर डाल दें।

चरण 3 : निम्नलिखित बातों को अपनी फील्ड डायरी में नोट करें :

I. आपके शक्कर रखने के बाद कितनी जल्दी चींटियाँ उसे ढूँढ़ लेती हैं?
II. कार्डबोर्ड पर चींटियों की संख्या को हर दो मिनट पर, 10 मिनट तक दर्ज करें।
III. इसी प्रक्रिया को विभिन्न प्रकार के खाद्य पदार्थों के साथ दोहराएँ - जैसे कि नमक, नीबू, हरी सब्जियाँ, उबले अण्डे के टुकड़े और यदि हो सके तो कोई मरा हुआ कीड़ा भी। यदि आपको किसी अलग प्रकार की चींटियाँ दिखती हैं, तो उनकी पसन्दों के अन्तरों की तुलना करें।

चींटियाँ कैसे रहती हैं :



Artwork: Pooja Prabhakaran

प्रतियोगिता : www.edu.ncf-india.org पर लॉग इन करें या हमें edu@ncf-indira.org पर ईमेल करें (विषय : चींटियाँ) हमें बताएँ कि चींटियों ने उन विभिन्न प्रकार के खाद्य पदार्थों के साथ क्या प्रतिक्रिया की जो आपने उनको प्रदान किए। आपके पास कीटों के बारे में एक किताब पुरस्कार में जीतने का मौका है। यदि आपके पास कोई अन्य फीडबैक हो तो आप हमें letters@planetbrainwave.com पर भी लिख सकते हैं।

nature conservation foundation
science for conservation



छाल आहार

छाल खाना

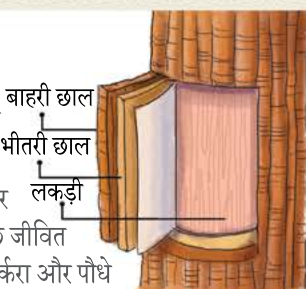


बीटल (भृंग कीड़े), दीमक, हाथी, हिरन और यहाँ तक कि मनुष्य भी पेड़ों की छाल खाते हैं!

छाल खाने वाला होने के लिए सिर्फ आपके मुँह के अंगों का तेज धार वाला होने की जरूरत होती है ताकि आप लकड़ी को काट सकें। साथ ही ऐसे पाचन तंत्र की जरूरत होती है जो कठोर लकड़ी को पचा सके। लकड़ी पचाने वाला काम मनुष्य बहुत अच्छी तरह से नहीं कर सकते। वास्तव में, कुछ प्रकार की छालें तो हमारे लिए जहरीली होती हैं।

पर यदि आपने दालचीनी खाई है, तो आपने छाल ही खाई है। क्या आप किसी और प्रकार की छाल के बारे में सोच सकते हैं जो खाने योग्य हो?

भीतर मीठी और रसदार



छाल ऐसी दिखती नहीं है कि वह बहुत स्वादिष्ट होगी, है न? वास्तव में वह ऐसी दिखती है जैसे कि वह काफी बेस्वाद या लकड़ी के स्वाद वाली होगी।

यह बहुत हद तक बाहर की छाल के बारे में सच है - जो कि ज्यादातर मरी हुई होती है। अन्दर की छाल (जिसे फ्लोएम भी कहते हैं) में कुछ जीवित कोशिकाएँ होती हैं, और साथ ही पनीला रस भी होता है - जिसमें शर्करा और पौधे का अन्य भोजन पानी में घुले हुए रहते हैं। यह रस पौधे के अन्य हिस्सों को पहुँचाया जाता है। कभी-कभी अतिरिक्त भोजन भी भीतरी छाल में संचित करके रखा जाता है। यह भीतरी छाल ही खाने लायक होती है।

रक्षक छाल

पेड़ की छाल एक ऐसी परत होती है जो बाहर के तत्वों और परिस्थितियों तथा पेड़ की भीतरी लकड़ी के बीच में स्थित रहती है। कुछ छालें पानी की प्रतिरोधी होती हैं और बहुत अच्छा रोधन प्रदान कर सकती हैं। कुछ पेड़ों में जब छाल में छेद किया जाता है, तो राल बाहर निकलकर बहने लगती है और फिर जमकर कड़क हो जाती है। ऊपर की गतिविधि में आपने कुछ पेड़ों के तनों पर जमी हुई राल देखी होगी।

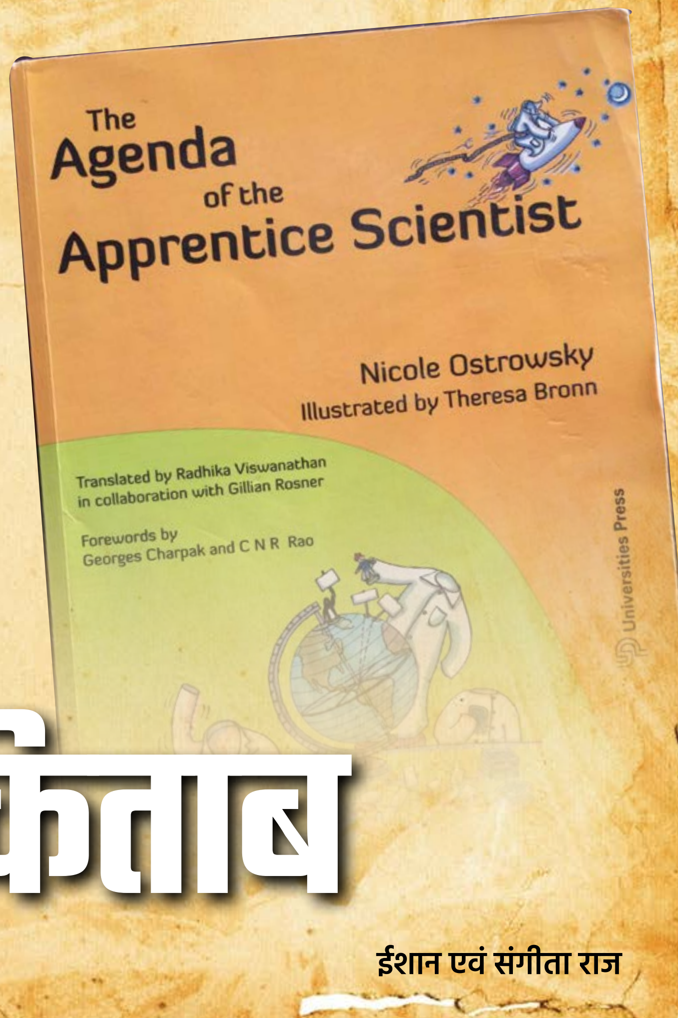
फील्ड डायरी के लिए

किसी पेड़ की छाल का रंग और उसकी बनावट आपको उस पेड़ को पहचानने में मदद कर सकते हैं। उदाहरण के लिए, यूक्लिप्टस की छाल चिकनी और पतली होती है जिसे वह अक्सर छोड़ता रहता है। आम की छाल छूने में खुरदरी होती है पर आप उसे मोटे टुकड़ों में निकाल सकते हैं। चलिए हम पेड़ों की छालों की छानबीन करें। इस गतिविधि को ऐसे दिन करें जब बारिश न हो।

- अपने बगीचे में, सड़कों के किनारे या आपके इलाके के पार्क में ऐसे पेड़ों की तलाश करें जिनकी छालें अलग-अलग प्रकार की हों - चिकनी, छिलके जैसी उतरने वाली, खुरदरी, गड्ढों वाली, दरारों वाली, मगरमच्छ की खाल जैसी। कम-से-कम पाँच भिन्न प्रकार की छालें तलाशें।
- प्रत्येक छाल की पड़ताल करें। वह कैसी दिखती है? उसका रंग क्या है? उसकी गन्ध कैसी है? उसकी सतह की बनावट कैसी है? क्या आपको उस पर कोई चिपचिपा या कठोर जमी हुई बूँदों जैसा कुछ दिखाई देता है?
- पेड़ों के तनों को नजदीक से ध्यानपूर्वक देखें और उन सभी कीटों तथा अन्य जीवों की सूची बनाएँ जिन्हें आप तनों पर इधर-उधर भागते हुए या उसकी दरारों और गड्ढों में घोंसला बनाए हुए देखते हैं। क्या आपको पेड़ के तने पर कोई फफूँद दिखाई दी?
- एक सादे कागज की शीट को कसकर छाल पर दबाकर रखें। अब पेंसिल, चारकोल के टुकड़े या क्रेयोन से हल्के हाथ से छाल के ऊपर के कागज पर फिराते हुए घिसें। छाल की बनावटी कागज पर उभर आएगी। आप चाहें तो अलग-अलग रंगों का इस्तेमाल कर सकते हैं। हर पेड़ के लिए कम-से-कम छाल की एक घिसी हुई कॉपी बनाएँ।
- आपने छालों की जो कॉपियाँ घिसकर बनाई हैं उनकी और हर प्रकार के पेड़ की छाल के बारे में दर्ज की गई जानकारियों की तुलना करें - क्या अलग-अलग पेड़ों की छालें स्पष्ट रूप से भिन्न प्रकार की होती हैं?
- आपने जिन छालों का निरीक्षण किया क्या आपको उन पर कोई कीड़े या फफूँद मिली? आपके पेड़ों में से किन पर सबसे अधिक जीवों ने घर बनाया हुआ था? किन पेड़ों पर आपको सबसे अधिक जीव मिले?



प्रतियोगिता : आप हमें पेड़ की छालों की घिसकर बनाई गई कॉपियाँ भेजिए। हमें edu@ncf-india.org पर लिखें और उन विभिन्न प्रकार की छालों के बारे में बताएँ जिनका आपने अवलोकन किया। उन सभी जीवों के बारे में भी बताएँ जिन्हें उन पर देखने में आप सफल हुए। आपके पास भारतीय पेड़ों पर एक किताब पुरस्कार में जीतने का मौका है। एनसीएफ से www.edu-ncf-india.org पर मिलें। आप हमें अपना फीडबैक letters@planetbrainwave.com पर भी भेज सकते हैं।



विज्ञान की एक मजेदार किताब

ईशान एवं संगीता राज

क्या आप कोई ऐसी किताब तलाश कर रहे हैं जो विज्ञान के प्रति एक मजेदार नया दृष्टिकोण प्रस्तुत करती है? इस पुस्तक समीक्षा में, एक माँ और उनका बेटा ऐसी ही एक किताब, जिसका नाम है दि अजेन्डा ऑफ द अप्रेंटिस साइंटिस्ट, के साथ हुए अपने अनुभवों को साझा कर रहे हैं।

निकोल ओस्ट्रोवस्की द्वारा लिखित और थेरेसा ब्रोन द्वारा चित्रों से सज्जित, दि अजेन्डा ऑफ द अप्रेंटिस साइंटिस्ट (नौसिखिए वैज्ञानिक की कार्यसूची) एक ऐसी किताब है जो '7 साल के बच्चों से लेकर 107 साल के बुजुर्गों तक', सभी के लिए सुगम है। यह उच्च प्राथमिक तथा माध्यमिक स्कूल के स्तरों के विद्यार्थियों (9 से 13 वर्ष के आयु समूह में आने वाले) को भी समझ में आने वाली अवधारणाओं की छानबीन ऐसे प्रयोगों के माध्यम से करती है, जो घर पर आसानी से उपलब्ध सामग्री का उपयोग करते हुए किए जा सकते हैं। विज्ञान की खोजबीन करने में हमें जिज्ञासु और खेलप्रेमी जैसा होने के लिए प्रेरित करने के कारण, यह किताब हर व्यक्ति को पसन्द आ सकती है, यहाँ तक कि उन्हें भी जो विज्ञान की दुनिया से अपने को बहुत दूर समझते हैं।

यदि आप इस किताब को खरीदने के इच्छुक हैं तो कृपया इसके वितरकों को नीचे दिए पते पर ईमेल भेजें :

info@universitiespress.in

banglore@orientblackswan.com

prabhakara.reddy@orientblackswan.com

भारत में कहीं भी किताब की डिलिवरी। डिस्काउंट्स भी उपलब्ध हैं।

कन्नड़ प्रतियों के लिए कृपया प्रभाकर रेड्डी से सम्पर्क करें।

इस किताब के लेखक ने दशकों तक एक शोध वैज्ञानिक की तरह कार्य किया है, और अब वे फ्रांस की यूनिवर्सिटी ऑफ नीस की लेबोरेटरी ऑफ फिजिक्स एण्ड कंडेस्ड मैटर में

ईशान : मैंने पहली बार **दि अजेन्डा ऑफ दि अप्रेंटिस साइंटिस्ट** किताब तब देखी जब यासमीन आंटी (सीएफएल में रसायनविज्ञान की शिक्षक और मेरी माँ की मित्र) ने मुझे वह पढ़ने के लिए दी। किताब को देखने और कुछ प्रयोगों को करने के बाद मैंने अपनी खुद की प्रति मँगाने का निर्णय लिया।

प्रोफेसर ऐमिरिटस हैं। इसके मूल फ्रेंच संस्करण का अंग्रेजी में अनुवाद राधिका विश्वनाथन एवं गिलियन रोजनर के द्वारा किया गया है। इसे यूनिवर्सिटीज प्रेस के द्वारा भारत में फ्रेंच दूतावास के सहयोग से प्रकाशित किया गया। यह किताब फ्लिपकार्ट तथा अमेजन (इण्डिया) पर उपलब्ध है।

यह अन्य कई उन किताबों के जैसी न होकर, जो ‘घर पर करने के प्रयोगों’ की बात करती हैं, **दि अजेन्डा ऑफ दि अप्रेंटिस साइंटिस्ट,** अपने शीर्षक को सही साबित करती है। वह केवल ऐसी सामग्री की माँग करती है जैसे कि कागज, पीने की नलियाँ (स्ट्राज), गुब्बारे तथा बर्फ के क्यूब्स। हाल ही में मैंने एक ऐसी किताब देखी थी जो घर पर आइसक्रीम जमाने के लिए दो गैलन द्रव नाइट्रोजन की जरूरत बताती थी!

दि अजेन्डा ऑफ दि अप्रेंटिस साइंटिस्ट आपको एक प्रयोग देती है, उस प्रयोग के बारे में एक उद्धरण देती है, प्रयोग की एक व्याख्या भी देती है। हर पृष्ठ के ऊपरी किनारे पर एक गतिविधि का शीर्षक है जिसके नीचे उसके लिए निर्देश दिए गए हैं। चूँकि यह किताब चाहती है कि पाठक पूरे साल के प्रत्येक दिन एक प्रयोग करे, इसलिए पृष्ठ संख्या के स्थान पर एक तारीख दी गई है, जैसे कि मार्च 3 या जून 10। पृष्ठ के बीच में बड़ी खाली सफेद जगह रखी गई है जहाँ पाठक अपने अवलोकनों को दर्ज कर सकता है। पृष्ठ पर गतिविधि के बारे में एक उद्धरण भी रहता है। ये उद्धरण हँसाने वाले से लेकर, दार्शनिक और प्रेरक किस्म के भी हैं। अगस्त 22, तथा 23, दोनों की गतिविधियाँ जमने (फ्रीजिंग) के बारे में हैं, किन्तु उनके उद्धरण बहुत भिन्न हैं। 22 अगस्त का उद्धरण कहता है कि “सच्ची मित्रता जाड़ों में जम नहीं जाती”, और 23 तारीख का कहता है कि “जो गर्म दूध से जला होगा वह अपनी आइसक्रीम को ठण्डा करने के लिए उस पर फूँक मारेगा।”और अन्तिम बात जिसका महत्त्व कम करके नहीं आँका जाए, वह है हर पृष्ठ पर नीचे की ओर, प्रयोग करते हुए, परिणामों की तुलना करते हुए, और विनोदपूर्ण टिप्पणियाँ करते हुए प्रयोगशाला के कोट पहने नौसिखिए वैज्ञानिकों के चित्र हैं।

जिन कारणों से मुझे यह किताब पसन्द है, उनमें से एक वह तरीका है जिसमें अवधारणाओं को समझाया गया है। वे पाठक को न केवल यह बताते हैं कि जब आप बेकिंग पावडर को सिरके में डालते हैं (मार्च 8) तब क्या होता है - सिरके में बुलबुले उठने लगते हैं और गुब्बारा धीरे-धीरे फूलने लगता है - बल्कि यह भी कि जो होता है वह कैसे और क्यों होता है (बेकिंग पावडर का एक घटक सिरके के साथ अभिक्रिया करके कार्बन डाईआक्साइड बनाता है। वह गैस शीशी को भर देती है और गुब्बारे को फुला देती है)।

इस किताब में दिए गए प्रयोग ऐसे हैं जिनका सभी उम्र के लोग आनन्द ले सकते हैं और उनसे सीख सकते हैं। इसमें दी गई गतिविधियों में से अनेक बहुत सरल हैं, लेकिन उनके परिणाम बहुत रोमांचक हो सकते हैं। जैसे कि एक कार्डबोर्ड ट्यूब का उपयोग करते हुए धुएँ के छल्ले बनाना(नवम्बर 24), या अलग-अलग प्रकार के कागज के हवाई जहाज बनाना (मई 25)। कई अवसरों पर मेरे कहने से बच्चों और वयस्कों ने एक जैसे उत्साह के साथ इन प्रयोगों में भाग लिया।

अधिकांश विज्ञान की किताबें किसी एक विषय पर लिखी जाती हैं, जैसे कि रसायनविज्ञान, जीवविज्ञान या भौतिकविज्ञान पर। हालाँकि यह किताब बुनियादी सिद्धान्तों पर आधारित है, परन्तु यह इन तीनों विषयों को समाहित करती है। यह किताब अलग-अलग विषयसूत्रों (थीमों) के खण्डों में बँटी हुई नहीं है, लेकिन कुछ टॉपिक (जैसे कि तापमान, ध्वनि आदि) इकट्ठे लिए गए हैं। इस किताब का उपयोग करते हुए, हम या तो 365 गतिविधियों (साल के प्रत्येक दिन के लिए एक) का क्रम से अनुसरण कर सकते हैं, या फिर हमें उन्हें बिना क्रम के कर सकते हैं। लेकिन कुछ गतिविधियाँ एक दिन प्रति पृष्ठ से अधिक समय तक भी जारी रहती हैं, इसलिए उनको सही क्रम में ही करना जरूरी है।

“यह अन्य कई उन किताबों के जैसी न होकर, जो ‘घर पर करने के प्रयोगों’ की बात करती हैं, **दि अजेन्डा ऑफ दि अप्रेंटिस साइंटिस्ट,** अपने शीर्षक को सही साबित करती है। वह केवल ऐसी सामग्री की माँग करती है जैसे कि कागज, पीने की नलियाँ (स्ट्राज), गुब्बारे तथा बर्फ के क्यूब्स।”

संगीता : मैंने इस किताब को हिचकते हुए खोला, जैसा कि मैं उन सभी किताबों के साथ करती हूँ जिनका सम्बन्ध विज्ञान से होता है, और फ्रेंच संस्करण के प्राक्कथन को पढ़ा। उससे मेरी थोड़ी हिम्मत बढ़ी और मैंने भारतीय संस्करण के प्राक्कथन को भी पढ़ा। इसके बाद तो मुझे वाकई में उत्साह आ गया, मेरी आशंका दूर होती हुई महसूस हुई और एक हल्की जिज्ञासा उसकी जगह लेने लगी।

मुझे इस किताब में एक ही बात भ्रमित करने वाली लगी - इसकी अनुक्रमणिका (इण्डेक्स)। जब मैंने किसी प्रयोग को इण्डेक्स में खोजा, जैसे कि धुएँ के छल्ले का प्रयोग जिसका मैंने पहले उल्लेख किया था, तो मैंने उससे सम्बन्धित प्रमुख शब्दों, जैसे कि धुआँ या छल्ले, को खोजा, परन्तु वह प्रयोग मुझे अगरबत्ती के अन्तर्गत मिला। जब मैंने सिरके और बेकिंग पावडर के प्रयोग को ढूँढ़ा, तो मुझे वह गुब्बारे के अन्तर्गत मिला। एक अन्य उदाहरण था, जब मैं अपनी मित्र को वाइनग्लास के प्रसिद्ध प्रयोग को दिखाना चाहता था - जिसमें एक वाइनग्लास की सिरका चुपड़ी हुई किनारी पर उँगली फिराने से आप ग्लास से संगीत निकाल सकते हैं (जून 6)। मैंने इसे वाइनग्लास के W के अन्तर्गत और सिरके (विनेगर) के V के अन्तर्गत ढूँढ़ा, लेकिन वह मुझे अन्ततः पिच (ध्वनि विशेषता) के P के अन्तर्गत मिला। मेरे विचार से, हर प्रयोग के शीर्षक वाला एक विषयसूची का पृष्ठ देना अधिक उपयोगी हो सकता था।

किन्तु जब मैं पहले दिन, अर्थात जनवरी 1 के पृष्ठ पर पहुँची, तो ऐसा लगा जैसे मुझे वापिस मेरीआठवीं कक्षा में धकेल दिया गया हो, जहाँ मैं चुपचाप पीछे की कतार में बैठी हुई पूरी कोशिश करती रहती थी कि मेरी विज्ञान शिक्षिका का मुझ पर ध्यान न जाए। पृष्ठ एक पर दिए गए चित्र में प्रयोगशाला का कोट पहने हुए एक आदमी एक स्नोफ्लेक (गिरती हुई बर्फ का कण) का चित्र बना रहा है और कह रहा है कि “मैं एक वैज्ञानिक हूँ, कोई चित्रकार नहीं हूँ।” ओह! मैंने सोचा यह एक और किताब है जो बस संसार को परिभाषित और वर्गीकृत करती है, ताकि उसे समझा जा सके। मैंने किताब बन्द कर दी और उसके बारे में भूल गई।

ईशान : निष्कर्ष के रूप में मैं यह कहना चाहूँगा कि **दि अजेन्डा ऑफ दि अप्रेंटिस साइंटिस्ट** उन सर्वश्रेष्ठ किताबों में से है जिनका मैंने उपयोग किया है। इसमें दी गई सभी गतिविधियों में से प्रत्येक आजमाकर देखने योग्य है।


Can we make a material that is denser than water float?

JANUARY 5

Take a ball of plasticine. Does it float?
Now make it boat-shaped. What happens?

Draw objects
made of materials
denser than water
but which float even so.

"Row, row, row your boat,
gently down the stream."
Traditional nursery rhyme

When we shape a heavy material in such a way that it contains a lot of air,
it will float because its average density is lower than that of water.
Examples: barges, empty bottles, aluminium foil, etc.

चित्र 1 : इस किताब का एक पृष्ठ।
फोटो आभार: ईशान एवं संगीता राज

पर वह किताब बार-बार आँखों के सामने आने लगी, कभी खाने की मेज पर या सोफे पर टिकी हुई, या हमारे रसोईघर में अण्डों, नमक, सिरके, माचिस की तीलियों, बर्फ के टुकड़ों इत्यादि के लिए धावा बोलती हुई, या जैसे-तैसे जिन्दा पौधों में केंचुओं के लिए छापा मारती हुई, आलमारियों को मोमबत्तियों, धागे, ताम्बे के तार के टुकड़ों के लिए खोलती हुई, वह हर जगह मौजूद होती थी। इन सारे छापों, जो ईशान की करतूत होते थे, के लिए वह किताब जिम्मेदार नहीं थी, हालाँकि वह निश्चित रूप से उससे प्रेरणा पा रहा था।

और वे तमाम समझ में न आने वाले शब्द, जिन्हें मैं खुशी-खुशी अपनी स्मृति से मिटा देती - जैसे जड़ता (इनर्शिया), विसरण (डिफ्यूजन), घनत्व (डैंसिटी), गुरुत्वाकर्षण (ग्रैविटी), इलेक्ट्रॉन्स, घर्षण (फ्रिक्शन), आदि-आदि, भोजन के समय की बातचीत में और कार में लम्बे सफर के दौरान नियमित रूप से आने लगे।

मेरी जिज्ञासा फिर से जाग गई और मैंने खुद को उत्साहपूर्वक इन

चर्चाओं में भाग लेते हुए और थोड़ी व्यग्रता के साथ इस या उस प्रयोग के परिणाम की प्रतीक्षा करते हुए पाया।

एक कच्चे और उबले हुए अण्डे में भेद कर सकना एक सीखने लायक कौशल प्रतीत हुआ। मुझे यह देखकर बहुत मजा आया कि उबला हुआ अण्डा फिरकी जैसा घूमता है जबकि कच्चा अण्डा गिर जाता है। और फिर जब यह पता चला कि कच्चे अण्डे के अन्दर का द्रव उसी गति से नहीं घूम सकता जिस गति से उसका खोल घूमता है,तो 'ठोस' तथा 'द्रव' जैसे शब्दों को ज्यादा स्पष्ट गुणधर्म प्रदान किए। मुझे तो अपनी स्कूल की पाठ्यपुस्तकों से द्रवों के बारे में बस इतनी बात याद है कि वे अपने पात्रों की आकृति ग्रहण कर लेते हैं।

मैंने इसे प्रमुख रूप से विज्ञान के प्रयोगों की एक किताब माना, परन्तु वह यह उससे कहीं ज्यादा सिद्ध हुई। इस किताब ने विज्ञान को उसकी उस ऊँचाई पर कहीं स्थित प्रयोगशाला से बाहर निकाला, जहाँ मैंने उसे अपनी कल्पना में रख दिया था, और उसे रोजमर्रा के अनुभव का एक हिस्सा बना दिया - जो पहुँच के भीतर और सामान्य था। वह कोई ऐसी चीज नहीं थी जिसका मुझे अध्ययन करने की और किसी तरह उससे 'निकल जाने' की जरूरत थी, बल्कि वह ऐसी चीज थी जिसके साथ मैं जुड़ सकती थी और उसका आनन्द ले सकती थी, वैसे ही जैसे कि मैं एक अच्छी कहानी या कविता के साथ करती थी।



ईशान एक 12 साल का किशोर है। उसकी विज्ञान में गहरी दिलचस्पी है और उसका घर ही उसका स्कूल है यानी उसकी शिक्षा घर पर ही होती है।

संगीता राज आनन्दस्वामी मुदालियार स्कूल में स्वैच्छिक सेवा करती हैं जहाँ वे अंग्रेजी पढ़ाती हैं। वे ईशान की माँ हैं।
अनुवाद : सत्येन्द्र त्रिपाठी

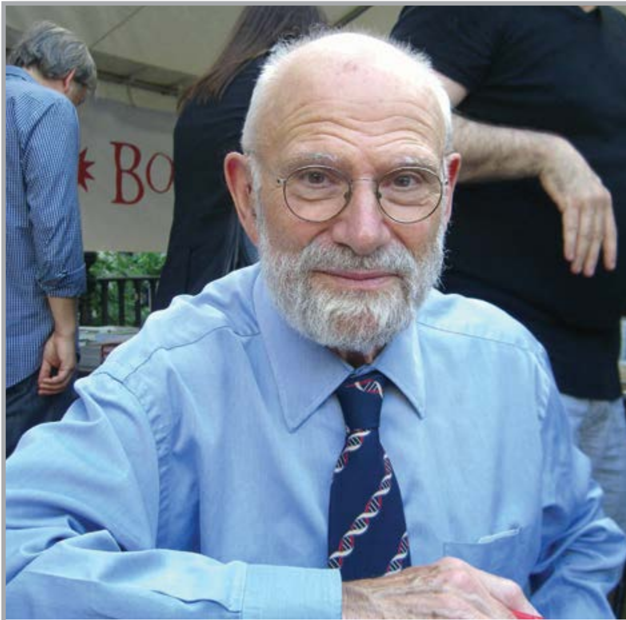
ऑलिवर साक्स

बाइक दौड़ाने वाला मस्तिष्क का डाक्टर

तेजस्वी शिवानन्द

ऑलिवर साक्स एक तंत्रिकाविज्ञानी (न्यूरोलॉजिस्ट) थे जिन्होंने 20वीं सदी के उत्तरार्द्ध में मस्तिष्क की तरफ आम लोगों का ध्यान खींचा। इस लेख में लेखक मस्तिष्क से जुड़ी अद्भुत बातों, जिनमें मतिभ्रम (हैल्युसिनेशन) से लेकर वर्णान्धता (कलर ब्लाइण्डनेस) तक शामिल हैं, पर साक्स द्वारा किए गए कार्यों के बारे में बता रहे हैं। लेखक इन बातों का वर्णन साक्स के जीवन की पृष्ठभूमि में कर रहे हैं जो उतना ही रोचक था जितने कि वे मस्तिष्क और वे लोग थे जिनका साक्स ने अध्ययन किया। साथ ही, लेख में साक्स की इस अद्भुत क्षमता को भी उजागर किया गया है कि वे कितनी सहृदयता के साथ अपने 'मरीजों' से जुड़ जाते थे और उनके बारे में बात करते थे।

एक ऐसे डाक्टर की कल्पना करें जो एक मित्रवत भले मानुष जैसा हो जिसकी सफेद दाढ़ी हो, और जो अपनी कुर्सी पर बैठा हुआ आपको देखकर आनन्द से मुस्कुरा रहा हो। वह जानना चाहता हो कि आपके ऊपर बिजली गिरने पर आपको कैसा लग रहा है। आप उसे बताते हैं कि किस प्रकार आपको बिजली गिरने के बाद से आँखों के आगे अँधेरा कर देने वाले सिरदर्द होते रहते हैं, और उन पर दवाओं का असर होता नहीं दिखता। एक दोस्त ने सुझाया था कि तुम इस न्यूरोलॉजिस्ट को दिखाओ। उनकी मेज के सामने बैठे आप यह भी बताते हैं कि आपके भीतर अचानक शास्त्रीय संगीत सीखने की तीव्र इच्छा जाग गई है, जबकि बिजली गिरने के पहले तक आपको शास्त्रीय संगीत में कोई खास दिलचस्पी नहीं थी। वह डाक्टर आपकी बात बहुत गहराई से सुनता है और जो कुछ भी आप बताते हैं बहुत तेजी से उसके नोट्स बनाता जाता है। आपके सिरदर्द में उसकी दिलचस्पी है, लेकिन उसकी ज्यादा दिलचस्पी संगीत के आपके नए-नए रुझान में है। आप उसके साथ बाख और डिब्यूसी (Bach and Debussy) की चर्चा करते हैं। सत्र के अन्त में, वह आपके सिरदर्द के लिए दवाई का पर्चा लिख देता है लेकिन आपसे दोबारा आने को कहता है। आप उसे धन्यवाद देते हैं और उसके दफ्तर से निकल जाते हैं। कुछ महीनों बाद, आपको उस डाक्टर का हाथ से लिखा हुआ एक पत्र प्राप्त होता है। इस पत्र में लिखा था कि वे चिकित्सकीय मामलों का एक संग्रह तैयार कर रहे थे और उसके लिए मस्तिष्क और संगीत के इर्दगिर्द घूमने वाले लोगों के जीवन की रोचक कहानियों को इकट्ठा कर रहे थे। उन्होंने अपने इस संग्रह में आपकी कहानी को भी शामिल करने की अनुमति माँगी थी। आप यह जानकर बहुत रोमांचित होते हैं पर किताब में अपनी पहचान को गोपनीय रखना चाहते हैं। डाक्टर इसके लिए तैयार हो जाते हैं। एक साल बाद, आप एक किताब की दुकान के बगल से गुजर रहे होते हैं और आपको वहाँ पर म्यूजिकोफीलिया नाम की नई किताब दिखाई पड़ती है। लेखक का नाम था ऑलिवर साक्स, आपके डाक्टर। किताब में आपकी कहानी को प्रमुखता से जगह दी गई थी और



चित्र 1 : ब्रुकलिन पुस्तक मेले, 2009 के दौरान ऑलिवर साक्स। Source: Luigi Novi, Wikimedia Commons. License: CC-BY. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Oliver_Sacks#/media/File:9.13.09OliverSacksByLuigiNovi.jpg.

आपका नाम गुप्त रखा गया था।

ऊपर दिया गया, काल्पनिक वर्णन 20वीं सदी में तंत्रिकाविज्ञान (न्यूरोलॉजी) से जुड़ी कहानियों के महानतम वृत्तान्त लेखकों और प्रचारकों में से एक ऑलिवर साक्स के स्वभाव और उनके अन्दाज को व्यक्त करने का एक प्रयास है। अगर आप 20वीं सदी के अन्तिम तीन दशकों में न्यूयॉर्क में रहे हों, और आपको भी तंत्रिका सम्बन्धी कोई पेचीदा समस्या रही हो, तो हो सकता है कि वे आपके भी डाक्टर रहे हों। डा.साक्स तंत्रिकाविज्ञानी थे, ऐसा चिकित्सक, जिसकी विशेषज्ञता मस्तिष्क की क्रियाओं को समझने में होती है, खासतौर से ऐसी परिस्थितियों में जब उसमें कुछ गड़बड़ी हो जाती है या वह विचित्र प्रकार के काम करने लगता है। मानव मस्तिष्क भूरे रंग के ऊतक के ढेले जैसा लगता है लेकिन इसने हमारी प्रजाति को हजारों भाषाओं में संवाद करने के लायक बनाया और विभिन्न संस्कृतियाँ, नगर और स्टॉक मार्केट बनाने के काबिल बनाया। अवसाद (depression), मनोविदलता (schizophrenia) या मनोभ्रंश (dementia) जैसी जीवन को बदल देने वाली दशाएँ भी हमारे मस्तिष्क में ही पैदा होती हैं। मानव मस्तिष्क डा.साक्स की प्रयोगशाला था और उसके बारे में लिखना उनका जुनून था।

डा. साक्स लोगों के जीवन की और उनके मस्तिष्कों की कहानियों का संग्रह करने में बहुत पक्के थे। यहाँ दी गई कल्पना से प्रेरित कहानी की तरह ही लोगों की असल जिन्दगियों की सैकड़ों कहानियों को डा. साक्स ने 45 सालों के दौरान प्रकाशित अपनी 14 किताबों[1] में प्रस्तुत किया है। इन कहानियों में उन्होंने मस्तिष्क के 'चमत्कारों' पर चिन्तन किया है। आँखों के आगे अँधेरा कर देने की मस्तिष्क की क्षमता को उन्होंने अपनी पहली किताब **माइग्रेन** में प्रस्तुत किया है। फिर, वास्तव में न होने वाली वस्तुओं के दृश्य दिखाने की मस्तिष्क की क्षमता के बारे में **हैल्युसिनेशन** नाम की किताब में लिखा है। और संगीत को पैदा करने की, तराशने की और समझने की मानव मस्तिष्क की क्षमता की पड़ताल उन्होंने **म्यूजिकोफीलिया** में की है। अपने डाक्टरी पेशे में सामने आने वाली मरीजों की विभिन्न दशाओं के लिए निदान के मानदण्डों की सूची भर बना देने की बजाय उन्होंने चिकित्सकीय वर्षों के दौरान उनसे मिले मरीजों की जीवन की कहानियों का और उनके मर्ज के इतिहास का भी वर्णन किया।

यह स्पष्ट है कि जिन मरीजों के बारे में उन्होंने अपनी किताबों में लिखा है उनसे मिलकर वे द्रवित हो गए थे। 'द ट्विन्स'[2] के रूप में प्रकाशित एक केस में वे दो जुड़वाँ बच्चों की अद्भुत गणितीय प्रतिभा का वर्णन करते हैं जिन्हें 1960 और 70 के दशकों में कुछ समय के लिए वे देखा करते थे। इन जुड़वाँ बच्चों में कई अन्य क्षमताओं के साथ अभाज्य संख्याओं को गिनने की सहज क्षमता थी। वे बच्चे जोर से कई अंकों वाली संख्याएँ बोलते थे और डा. साक्स अभाज्य संख्याओं की तालिका में देखकर जाँच किया करते थे कि वे सही बता रहे हैं या नहीं। डा. साक्स

मस्तिष्क हमारे शरीर का एक पेचीदा अंग है। इस लिंक पर वर्णित कुछ सरल कक्षा गतिविधियों का प्रयोग करके मस्तिष्क की संरचना और उसके कार्यों को बेहतर ढंग से समझा-समझाया जा सकता है : http://faculty.washington.edu/chudler/chmodel.html

ऐसी ही एक अन्य उपयोगी साइट है :

https://ntp.neuroscience.wisc.edu/teacher-resource.htm,

यहाँ विभिन्न आयु वर्गों के बच्चों को तंत्रिकाविज्ञान से परिचित कराने की बहुत सारी गतिविधियाँ दी गई हैं। बच्चों को किसी स्थानीय अस्पताल के संग्रहालय में, फार्मेलिन में संरक्षित मस्तिष्क को देखने में भी मजा आ सकता है।



चित्र 2 : माइग्रेन ऑरा का चित्रात्मक निरूपण

एक जगह बहुत मर्मस्पर्शी ढंग से वर्णन करते हैं कि उन बच्चों में कितना करीबी भावनात्मक नाता था जो तब खास तौर पर स्पष्ट हो जाता था जब वे बारी-बारी से दस अंकों वाली अभाज्य संख्याएँ बताने वाला खेल खेलते थे। डा. साक्स बाद में बताते हैं कि इन जुड़वाँ बच्चों को जब एक-दूसरे से अलग कर दिया गया और उन्हें 'समाज का हिस्सा' बनने में मदद करने वाले किसी कार्यक्रम में शामिल किया गया तो उनकी यह गणितीय क्षमता जाती रही। ऐसे लोगों के प्रति समाज के रवैये के बारे में सोचने का काम वे पाठकों पर छोड़ देते हैं। उन बच्चों को एक-दूसरे के साथ संख्याओं के माध्यम से संवाद करने में बहुत मजा आता था, तो ऐसे में उन्हें एक-दूसरे से जुदा करना क्या ठीक था? डा. साक्स की लेखनी से आपको महसूस हो जाता है कि उन्हें उन बच्चों के साथ कितनी हमदर्दी थी। आम तौर पर आप किसी डाक्टर से उसके किसी मरीज के केस का वर्णन करते समय ऐसी भावना की अपेक्षा नहीं करते। साक्स इन लोगों के बारे में बात सिर्फ चिकित्सकीय चमत्कारों या रोग की पहचान, उसके वर्गीकरण और इलाज की वस्तुओं के रूप में न करके जीते-जागते लोगों के रूप में करते थे जिनकी अपनी जीती-जागती, उतार-चढ़ाव वाली, खुशियों और तकलीफों वाली, संजोगों और दुर्भाग्य वाली जिन्दगियाँ होती हैं, जैसी कि पहले वर्णित अद्भुत गणितीय क्षमताओं वाले जुड़वाँ भाइयों के जीवन की कहानी थी।

मस्तिष्क के प्रति डा. साक्स का आकर्षण सम्भवतः उनके घर से शुरू हुआ था। वे डाक्टर माता-पिता के चौथे लड़के थे। उनका जन्म 9 जुलाई 1933 को लन्दन में हुआ था। जब वे सात साल के थे तो लन्दन पर की गई जर्मन वायुसेना की बमबारी, 'द ब्रिलट्ज' में बच गए थे। वे इन वर्षों का वर्णन अपने संस्मरण **अंकल टंगस्टन**[3] में करते हैं। यहाँ वे रासायनिक तत्वों और आवर्त सारणी के प्रति जीवन भर रहने वाले आकर्षण के बारे में विस्तार से बताते हैं। दुनिया को समझने के बच्चे के प्रयास में स्वतंत्र ढंग से पड़ताल करने और सवाल पूछने की भूमिका को समझने में इस किताब से बहुत मदद मिलती है। उस समय वे इतने बड़े नहीं थे कि युद्ध में लड़ पाते। युद्ध के खत्म होने के बाद1950 के दशक के प्रारम्भ में उन्होंने ऑक्सफोर्ड विश्वविद्यालय में दाखिला लिया जहाँ शुरू में उन्होंने प्रसूति विशेषज्ञ (obstetrician) की योग्यता प्राप्त करने का निर्णय लिया। फिर दो गुणी शिक्षकों के प्रभाव में उन्होंने तंत्रिकाविज्ञान का रुख कर लिया। इन दो सज्जनों का नाम वे अपनी आत्मकथा, **ऑन द मूव : अ लाइफ** में लेते हैं और दोनों को 'स्नेह और आभार' के साथ याद करते हैं। एक को यह श्रेय देते हैं कि उन्होंने डा. साक्स को चीजों पर बारीकी से ध्यान देना और सहज ज्ञान को सामने लाना सिखाया, और दूसरे को यह कि उन्होंने डा. साक्स को खास तरह के बर्तावों[4] की बुनियाद में मौजूद सम्भावित मनोविज्ञानी बनावटों की तलाश करना सिखाया।

डा. साक्स तंत्रिकाविज्ञान से जुड़ी समस्याओं के पीछे मौजूद कारणों को समझने के लिए अपने सहज ज्ञान का प्रयोग करते थे और इसका जिक्र बार-बार उनकी किताबों में आता है। **अवेकनिंग्स**[5] नाम की किताब में इसका सबसे अधिक जिक्र है। इस किताब में वे बताते हैं कि चालीस साल से भी ज्यादा समय से कोमा जैसी दशा में जी रहे कई मरीजों को उनकी

जुड़वाँ भाइयों की कहानी अभाज्य संख्याओं से परिचित बच्चों को बताई जा सकती है। बच्चों से उत्तरोत्तर बढ़ती हुई बड़ी अभाज्य संख्याएँ बताने के लिए कहा जा सकता है। पहले उन्हें अपने से कोशिश करने दें, और इसके लिए वे जो तरीका सोचें उसके अनुसार उन्हें कोशिश करने दें। जैसे कि संख्याओं को भाग देना। फिर उन्हें 'सीव ऑफ एराटॉस्थीन्स' तकनीक (http://www.geeksforgeeks.org/sieve-of-eratosthenes/) से परिचित कराएँ और फिर उनसे इस तकनीक का प्रयोग करते हुए सबसे बड़ी अभाज्य संख्या का पता लगाने को कहें। उनसे यह भी कहें कि वे उन्हें इसमें लगने वाले समय का भी ध्यान रखें। फिर उन्हें लगने वाले समय की तुलना जुड़वाँ भाइयों को बहुत बड़ी अभाज्य संख्याओं का सहज ढंग से पता लगाने में लगने वाले समय से करें।



चित्र 3 : मानव मस्तिष्क। Source: wonderingpilgrim. URL: https://wonderingpilgrim.files.wordpress.com/2015/01/brain1.jpg

'नींद' से जगाने के लिए उन्होंने एल-डोपा नामक दवा का इस्तेमाल किया। जागने के बाद अपनी आसपास की दुनिया को लेकर उन लोगों की प्रतिक्रिया कैसी होती थी, और इस दवा को लेने से उनके व्यवहार में क्या-क्या प्रतिक्रियाएँ होती थीं, इसका वर्णन भी डा. साक्स करते हैं। 1973 में प्रकाशित हुई इस किताब पर बाद में एक फिल्म भी बनाई गई जिसने उन्हें अमरीका में बहुत लोकप्रिय बना दिया जहाँ वे 1961 के बाद से रह रहे थे। चिकित्सक के रूप में उनका मुख्य कार्य था मर्ज का पता लगाना और यह तय करना कि उस स्थिति विशेष के लिए सबसे उपयुक्त उपचार क्या होगा। ऐसा लगता है कि उन्हें दवा का उपयोग करना उचित लगने लगा था जैसा कि वे अपने छोटे भाई माइकल के मामले में बताते हैं। माइकल किशोरावस्था में स्कीजोफ्रेनिया का शिकार हो गया था जिसके कारण वह समाज में रहने की चुनौतियों का सामना नहीं कर पा रहा था। डा. साक्स इस बात का भी वर्णन करते हैं कि अपने भाई की समस्या को समझने में खुद उन्हें कैसी दिक्कतें आईं और उसे मदद न कर पाने के कारण उन्हें अपनी विफलता का एहसास होने लगा। पर साथ ही आदमी को और अक्षम बना देने वाली मनोविकृति (साइकोसिस) और मतिभ्रम जैसी स्थितियों के असर को कम करने में दवाइयों की भूमिका को भी वे स्वीकार करते हैं।[6]

उन्होंने अपने एक मरीज रे, जो टुरेट्स सिंड्रोम से पीडित था, के मामले में दवाओं के उपयोग का सहारा लिया। जो लोग टुरेट्स सिंड्रोम से पीड़ित होते हैं, वे अचानक बार-बार, बिना किसी लय के होने वाली शारीरिक हलचलें (motor tics) करने लगते हैं और बड़बड़ाने (phonic tics) लगते हैं। रे की दशा का वर्णन 'विटी टिकी रे'[7] के रूप में किया गया है, उसका व्यवहार अत्यधिक रूप से अनायास होने वाले आवेग वाला होता था और उसके शारीरिक व्यवहार में 'कम्पन (tics), झटके, कुछ खास तौर-तरीके (mannerisms), बिगड़ी भाव-भंगिमाएँ (grimaces), शोर मचाना, कोसना, अपने से होने वाली नकलें, और हर तरह की विवशताएँ' दिखाई देती थीं।[7] दवाइयों से उसके लक्षण दूर होते नजर आते थे, पर साथ ही, दवाइयों ने उससे उसकी स्वाभाविकता को भी छीन लिया और उसका व्यक्तित्व पूरी तरह से बदल गया। ऐसी परिस्थिति में, डा. साक्स अक्सर सोचते थे कि असली रे कौन-सा है। अपने विस्तृत और सहृदय चिकित्सकीय वर्णनों के माध्यम से डा. साक्स की लेखनी में आधुनिक विज्ञान और औषधि को सामाजिक महत्व के सवालों से जोड़ने में असाधारण गहराई दिखाई देती है।

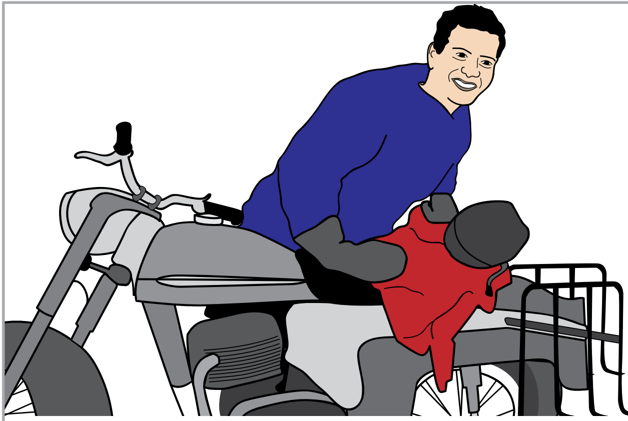
अमरीका में अपने शुरुआती दिनों में, मरीजों को देखने और चिकित्सक के रूप में काम करने के अलावा, डा. साक्स मोटर-साइकिल पर सवार होकर गाँव-देहात को जानने-समझने के लिए निकल जाते थे।[8] तेज मोटर-साइकिल चलाने और देहात में घूमने-फिरने (जिसके कारण कभी-कभार कोई दुर्घटना भी हो

दृष्टि भ्रम (ऑप्टिकल इल्यूजन) से बच्चों का परिचय कराएँ, और उन्हें दृष्टिभ्रमों के उदाहरण दें।

यहाँ दृष्टिभ्रमों को समझने के दो बहुत बढ़िया स्रोत हैं:

1. http://www.optics4kids.org/home/content/illustions/
2. http://www.michalebachde/ot/

बच्चों को इस बात का अनुमान लगाने के लिए प्रेरित करें कि हम दृष्टिभ्रमों से धोखा क्यों खाते हैं। उनसे इस बात की जाँच करने को कहें कि एक आँख बन्द करने पर क्या दृष्टिभ्रम बना रहता है। ऊपर दी गई लिंकों पर दिए गए चित्रों पर यह प्रयोग करके देखा जा सकता है। फिर बच्चों से दूसरी आँख बन्द करके इस प्रयोग को दोहराने को कहें। अब आप क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं? क्या वह बात दूसरे दृष्टिभ्रमों के लिए भी सही होगी? दृष्टिभ्रम मतिभ्रम से किस प्रकार भिन्न है? बच्चों को प्रेरित करें कि वे इस बात को अपने तरीके से समझाएँ या इस पड़ताल को करने के अपने तरीके बताएँ। शिक्षक इस बात को सुनिश्चित करें कि इस तरह के किसी भी प्रयोग को करने से पहले सभी तरह की एहतियात बरती जाएँ।



चित्र 4 : मोटर-साइकिल पर डाक्टर

फैंटम लिम्ब फिनॉमिनन[11] एक ऐसा विकार है जिसमें व्यक्ति को उस अंग की मौजूदगी महसूस होती है जो दरअसल वहाँ होता ही नहीं है, और इसे लक्षणात्मक रूप से बॉडी इंटीग्रिटी आइडेंटिटी डिसऑर्डर का उलटा माना जा सकता है। फैंटम लिम्ब फिनॉमिनन का उपयोग मस्तिष्क और शरीर के सम्बन्ध को, और इस विचार को दर्शाने के लिए किया जा सकता है कि शरीर के विभिन्न अंगों का खाका दरअसल मस्तिष्क के विभिन्न हिस्सों में तैयार होता है। इस फिनॉमिनन को यहाँ वर्णित प्रयोग के माध्यम से कक्षा में आसानी से दर्शाया जा सकता है:

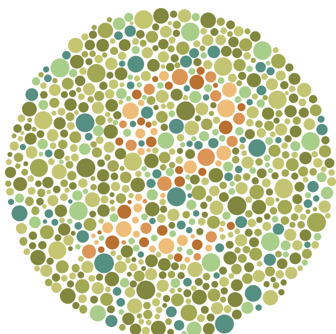
http://brainu.org/phantom-limb.

जाती थी) के उनके जुनून को देखते हुए, लोगों को यह जानकर अक्सर आश्चर्य होता था कि वे डाक्टर हैं। 1984 में प्रकाशित अपनी किताब **अ लैग टू स्टैण्ड ऑन**[9] में वे जिक्र करते हैं कि एक बार नॉर्वे में चहलकदमी करते वक्त एक विशाल साँड उनके पीछे पड़ गया। भागते हुए वे एक चट्टान पर से गिर गए जिससे उनका पैर टूट गया। वे आगे बताते हैं कि पैर ठीक होने के दौर में उन्हें कभी-कभी महसूस होता था जैसे उनका पैर शरीर से अलग हो, शरीर का हिस्सा न हो। इस दशा को तकनीकी रूप से बॉडी इंटीग्रिटी आइडेंटिटी डिसऑर्डर (जिसमें शरीर के अंगों को ऐसा महसूस हो सकता है कि जैसे उन्हें वहाँ नहीं होना चाहिए, जिससे शरीर और मन के अन्तरंग सम्बन्ध का पता चलता है) के नाम से जाना जाता है।[9] ऑलिवर साक्स में कई तरह की प्रतिभाएँ थी। वे चैम्पियन भारोत्तोलक भी थे।[10] उम्र बढ़ने के कारण उन्हें इसे छोड़ना पड़ा था और मोटर-साइकिलों और साँडों की वजह से हुई बहुत-सी दुर्घटनाओं के कारण उनके शरीर पर भी इसका असर पड़ा था।

डा. साक्स ने खूब पढ़ा था। अपनी किताबों में वे बहुत सारे फुटनोट देते थे जो उनकी सारग्राही रुचि को दर्शाते हैं जिसका दायरा दर्शनशास्त्र से लेकर काव्य तक फैला था। हालाँकि उन्हें सबसे ज्यादा आकर्षण पौधों में और प्राकृतिक इतिहास में था। वे कहीं भी अपनी नोटबुक और पेंसिल के बगैर नहीं जाते थे और जब भी उन्हें कुछ दिलचस्प दिखाई देता था तो उसे लिखने से वे नहीं चूकते थे। अपनी किताब **आइलैण्ड ऑफ द कलर ब्लाइण्ड एण्ड साइकैड आइलैण्ड**[12], में वे उन द्वीपों पर रहने वाले लोगों के बारे में दो अनोखी कहानियों का वर्णन करते हैं। पहली कहानी प्रशान्त महासागर में स्थित पिंगलैप द्वीप के रहवासियों में काफी तादाद में पाए जाने वाले पूर्ण रंग अन्धता (achromatopsia) नामक विकार का वर्णन करती है। 3000 लोगों की आबादी वाले इस द्वीप में लगभग 5% लोगों में यह विकार था यानी वे दुनिया को बस काले, सफेद और भूरे रंग में ही देख सकते थे। इसकी तुलना में, दुनिया में हर 30000 व्यक्तियों में से सिर्फ 1 इस विकार से ग्रस्त होता है। डा. साक्स इस विकार के बड़ी तादाद में पाए जाने को 1775 में आए प्रचण्ड तूफान (typhoon) और इस द्वीप के लोगों की आनुवांशिकी से जोड़कर देखते हैं।

दूसरी अनोखी कथा प्रशान्त महासागर के एक दूरवर्ती द्वीप गुआम में रहने वाले लोगों की थी। इस द्वीप के रहवासियों में मनोभ्रंश रोग के लक्षण पाए जाते थे। मनोभ्रंश आमतौर पर वृद्धावस्था में होने वाली बीमारी है जिसमें मस्तिष्क की कोशिकाओं (न्यूरॉन) के मरने के कारण धीरे-धीरे लोगों की सामान्य शारीरिक क्रियाएँ बन्द होती जाती हैं और लोग अपनी स्मृति खोते जाते हैं। इस द्वीप पर लोगों में मनोभ्रंश की दर दुनिया के किसी भी अन्य हिस्से से सौ गुना अधिक थी। विस्तृत

कक्षा में लाल, हरे रंग की अन्धता से विद्यार्थियों का परिचय कराने के लिए यहाँ उपलब्ध इशिहारा रंग अन्धता कार्डों का उपयोग करें: http://colorvisiontesting.com/ishihara.htm आँख किसी रंग की पहचान कैसे करती है इसे समझने के लिए इस गतिविधि का उपयोग किया जा सकता है। साथ में मस्तिष्क के भौतिक प्रतिरूपों का भी प्रयोग करने पर इन कार्डों का उपयोग मस्तिष्क की दृश्यों को संसाधित करने की प्रक्रिया (विजुअल प्रोसेसिंग) को समझने में भी किया जा सकता है।



चित्र 5 : रंग अन्धता को जाँचने के लिए इस्तेमाल किए जाने वाले इशिहारा कार्ड का उदाहरण।

चिकित्सकीय परीक्षणों से पता चला कि इस बीमारी से मरने वाले लोगों के मस्तिष्कों में एक खास रसायन की अत्यधिक मात्रा थी। और परीक्षणों से पता चला कि यह रसायन सम्भवतः इन लोगों के द्वारा फ्रूट बैट (चमगादड़ का एक प्रकार) खाने से आता था। चमगादड़ों में इस रसायन की अत्यधिक मात्रा पाई जाती है क्योंकि वे गुआम में आमतौर पर पाई जाने वाले साइकैड्स नामक प्रजाति के पेड़ के फल खाते थे, जिसमें इस रसायन की अत्यधिक मात्रा थी। अत्यधिक शिकार किए जाने के कारण फ्रूट बैट की संख्या में बहुत कमी आ गई जिसके चलते इस द्वीप से यह बीमारी भी विदा हो गई। इस (लाइटिगो-बॉडिग) बीमारी की कहानी भी डा. साक्स के उन वर्णनों और अवलोकनों की लम्बी सूची का एक हिस्सा है जिनसे विज्ञान के बढ़िया प्रश्न पूछने में बहुत मदद मिलती रही है। आखिरकार, विज्ञान ऐसे विस्तृत अवलोकनों पर ही चलता है, और इन अवलोकनों और प्रयोगों से निकलने वाले सवाल और सिद्धान्त ही अनुपयुक्त विचारों का परीक्षण करने और उन्हें खारिज करने में मदद करते हैं। डा. साक्स के अवलोकन और प्रयोग, उदाहरण के लिए वे जिनका वर्णन उनकी किताब **अवेक्निंग्स** में किया गया है, मन में ऐसे सवालों को पैदा करते हैं जिनकी प्रायोगिक पड़ताल की जा सकती है, ताकि मस्तिष्क की क्रियाओं के बुनियादी आधार को समझा जा सके।

ऑलिवर साक्स मस्तिष्क के अध्ययन को लोकप्रिय बनाने में भी पथ प्रवर्तक थे। एक अन्य लोकप्रिय लेखक और तंत्रिकाविज्ञानी, विलयानुर रामचन्द्रन ने डा. साक्स के लेखन पर अपने विचार व्यक्त किए हैं। उन्होंने 'असम्बद्ध प्रतीत होने वाली शाखाओं को एक-दूसरे के साथ जोड़ने, तथा विद्यार्थियों को चिकित्साशास्त्र और तंत्रिकाविज्ञान पढ़ने के लिए प्रेरित करने' की डा. साक्स की क्षमता का वर्णन किया है।[13] बढ़ती उम्र और

आनुवांशिक रूप से रंग अन्धता का शिकार होने की स्थिति को आप एक सरल वंशवृक्ष (वंश का लेखाचित्र) बनाकर दिखा सकते हैं। यह वृक्ष गुणसूत्रों (क्रोमोसोम्स), डी.एन.ए इत्यादि के विस्तार में जाए बिना सरल ढंग से आनुवांशिक ढाँचों का पता लगाता है। प्रचण्ड तूफान में बच गए कुछ लोगों से शुरू करके, आप इस तरह के वंशवृक्ष का इस्तेमाल यह दर्शाने के लिए कर सकते हैं कि रिश्तेदारों के बीच शादियाँ होने के कारण किस प्रकार द्वीप के लोग बहुत जल्दी एक-दूसरे से जुड़ जाते हैं। यदि प्रचण्ड तूफान में बचा कोई बिलकुल शुरुआती व्यक्ति पूरी तरह से रंग अन्धता का शिकार रहा हो, तो वंशवृक्ष का इस्तेमाल अगली कुछ पीढ़ियों में बड़ी संख्या में पूर्ण रंग अन्धता व्याप्त होने की स्थिति को दिखाने के लिए किया जा सकता है।

मृत्यु के बारे में लिखने वाले डा. अतुल गवाण्डे, डा. साक्स की किताबों में सामने आने वाली मानवीयता की भावना को ही आमजन के लिए लिखने की उनकी प्रेरणा मानते हैं।[14] जो बात थोड़ी आश्चर्यजनक और दुर्भाग्यपूर्ण लग सकती है वह यह कि भारत में कई लोगों ने डा. साक्स के बारे में सुना तक नहीं है, इस तथ्य के बावजूद कि वे इतने लोकप्रिय लेखक रहे और उनके द्वारा लिखी गई किताबें दुनिया भर में 25 से ज्यादा भाषाओं[15] में

साइकैड द्वारा होने वाले मनोभ्रंश के दिलचस्प उदाहरण का प्रयोग करके बच्चों को खाद्य शृंखलाओं के सिद्धान्त से परिचित कराया जा सकता है।

(लेकिन किसी भारतीय भाषा में नहीं) अनुदित हो चुकी हैं।

आँख के कैंसर के कारण 30 अगस्त 2015 को डा. साक्स का निधन हो गया।[16] 82 साल की उम्र में, अपनी मृत्यु शैया पर होते हुए भी ऑलिवर साक्स एक कहानी सुनाने से नहीं चूके। उन्होंने न्यूयॉर्कर पत्रिका[17] में, अपने बचपन में माँ के द्वारा बनाए जाने वाले मछली के व्यंजन का जिक्र किया। इस लेख में, आप देख सकते हैं कि डा. साक्स ने अपनी इस नियति को स्वीकार कर लिया था कि उनका जीवन अब समाप्त होने वाला था - एक ऐसा जीवन जो जिज्ञासा और खोज से भरा था, जिसमें अपने मरीजों के लिए गहरी समानुभूति थीऔर दुनियाभर के लोगों से जुड़ने की स्वाभाविक क्षमता भी थी।

References

1. Bibliography of Oliver Sacks' Books – www.oliversackscom/books-by-oliver-sacks/
2. Sacks, O. (1986) "The Twins" *In The Man Who Mistook His Wife For a Hat*. Picador. pp. 204 – 224
3. Sacks, O. (2001) *Uncle Tungsten: Memories of a Chemical Boyhood*. Picador.
4. Sacks, O. (2015). *On the Move: A Life*. Picador. pp. 33-37
5. Sacks, O. (1992). *Awakenings*. Picador.
6. Sacks, O. (2015). *On the Move: A Life*. Picador. pp. 56-65, 209, 314-320
7. Sacks, O. (1986) "Witty Ticcy Ray" *In The Man Who Mistook His Wife For a Hat*. Picador. pp. 97-107
8. Sacks, O. (2015). *On the Move: A Life*. Picador. pp. 81-95
9. Sacks, O. (1984) *A Leg to Stand On*. Picador.
10. Sacks, O. (2015). *On the Move: A Life*. Picador. pp. 98-101
11. Ramachandran, V. & S. Blacksee (1998) *Phantoms in the Brain: Probing the Mysteries of the Human Mind*. William Marrow.
12. Sacks, O. (1996). *Island of the Colour Blind and Cycad Island*. Picador.
13. Raghavan, R.K. (2015, September 9). Oliver Sacks: Neurologist, writer, healer. *The Hindu*. Retrieved from: http://www.thehindu.com/opinion/op-ed/neurologist-writer-healer/article7629878.ece
14. Gawande, Atul (2015, September 14) Oliver Sacks. *The New Yorker*. Retrieved from: http://www.newyorker.com/magazine/2015/09/14/oliver-sacks
15. Anon. (2015, February 19) Oliver Sacks describes learning he has terminal cancer: 'My luck has run out'. Retrieved from: http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/northamerica/usa/11423998/Oliver-Sacks-describes-learning-he-has-terminal-cancer-My-luck-has-run-out.html
16. Cowles, Gregory (2015, August 30). Oliver Sacks, the neurologist who wrote about the Brain's Quirks, dies at 82. Retrieved from: http://www.nytimes.com/2015/08/31/science/oliver-sacks-dies-at-82-neurologist-and-author-explored-the-brains-quirks.html
17. Sacks, O. (2015, September 14) Filter Fish. Retrieved from: http://www.newyorker.com/magazine/2015/09/14/filter-fish

तेजस्वी शिवानन्द सेंटर फॉर लर्निंग (सीएफएल),बेंगलूरु में काम करते हैं। वे सीनियर स्कूल को जीवविज्ञान, सांख्यिकी और भूगोल पढ़ाते हैं। वे सीएफएल में स्कूल के पुस्तकालय और प्रकृति की शिक्षा के साथ गहराई से जुड़े हैं।
उनसे dumaketu@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी

हम वही होते हैं जो हमें याद होता है

स्मृतियों की गुत्थी को खोलना

भक्ति दोनगाँवकर

मानव मस्तिष्क अपने भीतर चीजों को दर्ज करना कभी बन्द नहीं करता। यह बड़ी आसानी से बहुत बड़ी मात्रा में जानकारियों का संग्रह करके रखता है। यह ऐसा कैसे कर पाता है? और स्मृतियाँ इतनी महत्त्वपूर्ण क्यों हैं? इस लेख में स्मृति से जुड़ी गहरी जानकारियाँ दी गई हैं और बताया गया है कि स्मृतियों की हमारे जीवन में क्या भूमिका होती है।

क्या आपको अपने स्कूल का पहला दिन याद है? जरा कल्पना करके देखें कि आपकी कक्षा कैसी दिख रही थी? आपकी स्कूल यूनीफॉर्म का रंग क्या था? आपके साथ घर से कौन स्कूल गया था? क्या आप वहाँ रोए थे? आपकी मैडम कैसी दिख रही थीं? हममें से कुछ लोगों को स्कूल के अपने पहले दिन की इतनी जीवन्त स्मृति बनी रहती है कि जीवन में बहुत बाद में भी उसका ख्याल आते ही हमारे भीतर जीवन के उस दौर के प्रति एक ललक जाग उठती है। लेकिन अगर आपको स्कूल का अपना पहला दिन याद नहीं तो चिन्ता की कोई बात नहीं! इस स्मृति लोप के पीछे दरअसल एक जैविक कारण है जिसको मैं बाद में समझाऊँगी।

एक और उदाहरण लें। आपका जो सबसे अच्छा जन्मदिन मनाया गया हो उसकी याद करें। आप उस जन्मदिन पर कितने साल के हुए थे? क्या आपने केक काटा था? कौन से फ्लेवर का केक था? क्या आपको याद है कि उस दिन कौन-कौन लोग आपकी जन्मदिन की पार्टी में मौजूद थे? आपने क्या पहना हुआ था?

स्कूल के पहले दिन, या मजेदार जन्मदिन की स्मृतियाँ व्यक्ति के जीवन की घटनाओं या खास प्रसंगों की स्मृतियाँ होती हैं, इसलिए ऐसी स्मृतियों को प्रासंगिक स्मृति (ऐपीसोडिक मैमोरी) कहते हैं। जहाँ हमारे जीवन की महत्त्वपूर्ण घटनाएँ हमें लम्बे समय तक याद रहती हैं, जैसी ऊपर के उदाहरणों में बताई गई हैं, वहीं जो घटनाएँ उतनी महत्त्वपूर्ण नहीं होतीं, जैसे कि एक महीना पहले आपने नाश्ते में क्या खाया था, वे जल्दी ही विस्मृत हो जाती हैं। प्रासंगिक स्मृतियाँ एक विशेष प्रकार की स्मृतियाँ होती हैं।

क्या कुछ और प्रकार की स्मृतियाँ भी होती हैं?

स्मृतियों के विभिन्न प्रकार

दीर्घकालिक स्मृतियाँ दो प्रकार की होती हैं - स्पष्ट रूप से व्यक्त

(explicit) और अन्तर्निहित (implicit) स्मृतियाँ (**चित्र 1**)।

घोषणात्मक (Declarative) या स्पष्ट रूप से व्यक्त होने वाली (Explicit) स्मृतियाँ

कोई भी ऐसी स्मृति जिसमें जानकारियों को याद करने के लिए चेतन या बहुत सोच-विचारकर प्रयास करने की जरूरत होती है, उसे घोषणात्मक स्मृति कहते हैं। इन स्मृतियों को स्पष्ट रूप से शब्दों में फिर से याद किया जा सकता है, और हमें ध्यान आ जाता है कि हमें क्या पता है और क्या नहीं। ऐसी व्यक्त की जा सकने वाली स्मृतियाँ दो प्रकार की होती हैं -

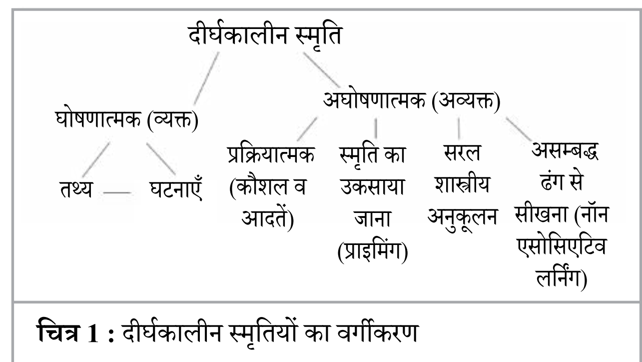
1. प्रासंगिक स्मृति : किसी घटना के दौरान, वहाँ हुई गतिविधियों, शामिल हुए लोगों और समय तथा स्थान सम्बन्धी जानकारियों को याद रखने की क्षमता को प्रासंगिक स्मृति कहते हैं। हम अपने आसपास से जानकारियों को ग्रहण करते हुए निरन्तर प्रासंगिक स्मृतियों की पूरी शृंखला का निर्माण करते हैं। और जब हम कोई निर्णय करते हैं या फिर समस्याओं को सुलझाते हैं तो अतीत के प्रसंगों की स्मृतियाँ हमारे लिए सन्दर्भ का काम करती हैं।

2. शब्दार्थ-आधारित (Semantic) स्मृतियाँ : इनका तात्पर्य इस तरह के सामान्य ज्ञान और तथ्यों को याद रखने की हमारी क्षमता से होता है, जैसे कि जापान की राजधानी टोक्यो है या पौधे प्रकाश संश्लेषण के द्वारा अपना भोजन बनाते हैं। इस प्रकार की याददाश्त में ढाँचे (schemas) या व्यवहार के नियम निहित रहते हैं। उदाहरण के लिए, कई बार एअरपोर्ट जाने के बाद, हम उन क्रियाओं का एक ढाँचा विकसित कर लेते हैं जिन्हें एअरपोर्ट पर किया जाना पड़ता है - अपने सामान को यात्रा के लिए जमा करना (चेक इन), बोर्डिंग टिकटों को लेना, सुरक्षा जाँच को पार करना और फिर विमान में उड़ान के लिए सवार होना। हम अपने जीवनकाल के दौरान इस तरह के कई मानसिक ढाँचे विकसित कर लेते हैं, जो हमारे व्यवहार का मार्गदर्शन करते हैं और किसी काम या गतिविधि को करने की मेहनत को घटा देते हैं।

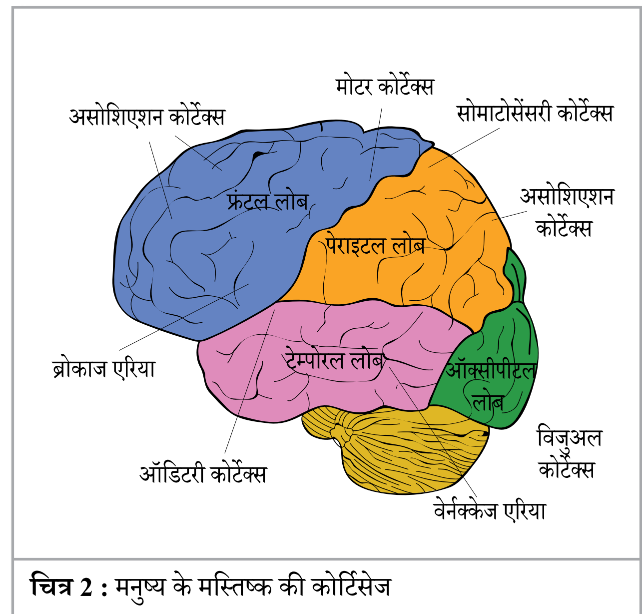
गैर-घोषणात्मक (अन्तर्निहित) स्मृति

अन्तर्निहित स्मृतियों के लिए चेतन रूप से विचार करने की आवश्यकता नहीं होती। ये हमारे चेतन बोध तक पहुँचे बिना ही, संचित अनुभव से अपने-आप निकाल ली जाती हैं। ये चार प्रकार की होती हैं :

1. कार्यपद्धति स्मृति : यह हमारे अंग संचालन के कौशलों तथा आदतों के लिए जिम्मेदार होती है, जैसे कि बाइक चलाना, तैरना या टाइप करना। हमारे मस्तिष्क की मोटर कोर्टेक्स (**चित्र 2** देखें) उन मांसपेशियों के साथ सीधे संयोजन करती है जिनकी जरूरत इन कामों को करने के लिए होती है।



चित्र 1 : दीर्घकालीन स्मृतियों का वर्गीकरण



चित्र 2 : मनुष्य के मस्तिष्क की कोर्टिसेज

2. उकसावा देना (Priming) : आगे पढ़ने से पहले, नीचे **चित्र-3** के बॉक्स में दिए गए शब्दों को पूरा करने की कोशिश करें।

हमारे किसी विशेष स्टिमुलस (उकसाने वाले प्रोत्साहन) के सम्पर्क में आने से, फिर बाद के किसी स्टिमुलस के प्रति हमारी संवेदना और प्रतिक्रिया प्रभावित होती है। उकसावे की प्रक्रिया ऐसे कुछ सम्बन्धों या विचार के कुछ पैटर्नों को सामने ले आती है जो हमारे बाद के निर्णयों, क्रियाओं, या व्यवहारों को प्रभावित करते हैं। **चित्र 3** में, अपनी-अपनी श्रेणियों में से, रंगों की सूची हमें 'ग्रीन (हरा)' भरने के लिए उकसाती है, जबकि फलों की सूची 'ग्रेप (अंगूर)' शब्द के लिए उकसाती है।

RED	PLUM
BLUE	NECTARINE
ORANGE	PEAR
YELLOW	APPLE
GR_____	GR_____

चित्र 3 : आप दोनों कॉलमों में अलग-अलग शब्द क्यों भरते हैं?

3. **शास्त्रीय अनुकूलन (classical conditioning) में** नए सम्बन्धों को निर्मित करने के द्वारा एक नई प्रतिक्रिया को सीखा जाता है। जब ऐसे दो स्टिमुलाई, जो पहले एक-दूसरे से सम्बन्धित नहीं थे, को साथ-साथ जोड़ा जाता है, तो वे एक सीखी गई प्रतिक्रिया को पैदा कर सकते हैं।

क्लासिकल कण्डीशनिंग के सबसे प्रसिद्ध उदाहरण का प्रदर्शन एक रूसी वैज्ञानिक, इयन पावलोव, ने किया था। पावलोव का कुत्ता जब भी अपने भोजन को देखता था तो उसके मुँह से लार टपकने लगती थी। एक दिन पावलोव ने देखा कि पावलोव के उसका खाना लाने के काफी पहले से ही, कुत्ते की लार तभी टपकने लगी जब उसने पावलोव के पैरों की आहट सुनी।

इस वैबसाइट पर प्राइमिंग के एक अन्य उदाहरण का वीडियो उपलब्ध है : https://www.youtube.com/watch?v=5g4_v4JStOU.

पावलोव ने प्रयोग करके इसका परीक्षण करने का निर्णय लिया। उसने प्रत्येक बार कुत्ते को उसका खाना देने के पहले एक घण्टी बजाई। अगले कई बार के खाना देने के दौरान कुत्ते ने घण्टी के बजने का सम्बन्ध खाने के आने से जोड़ना सीख लिया। इसलिए फिर जब घण्टी बजाई गई तो, खाने के उसकी नजर के सामने लाए जाने के काफी पहले ही, कुत्ता लार टपकाने लगा। इस प्रकार, एक ऐसे न्यूट्रल (तटस्थ) स्टिमुलस जैसे कि घण्टी के बजाए जाने का सम्बन्ध लार टपकने जैसी गैर-स्वैच्छिक (इनवालेंटरी) प्रतिक्रिया से जोड़ दिया गया। ऐसी अन्य गैर-स्वैच्छिक प्रतिक्रियाओं में रोना, हँसना और ठण्ड से कँपकपाना शामिल है।

4. गैर-सम्बन्धात्मक स्मृति में, किसी स्टिमुलस के साथ बार-बार सम्पर्क में आने से उस स्टिमुलस के प्रति प्रतिक्रिया या तो बढ़ती है या घटती है। जब किसी स्टिमुलस के प्रति प्रतिक्रिया घटती है, तो उसे आदत पड़ जाना (हैबिचुएशन) कहते हैं। उदाहरण के लिए, जब आप एक पुस्तकालय में पढ़ने के लिए बैठे हों तो अचानक जोर से हुई किसी धम्म जैसी आवाज से आप चौंक जाते हैं। फिर जब आपको पता लगता है कि ऊपर की मंजिल पर कुछ निर्माण कार्य शुरू हुआ है, और धम्म-धम्म की आवाज जारी रहती है, तब उससे आपके ध्यान में कम खलल पड़ता है। धीरे-धीरे आप उस कोलाहल की उपेक्षा करने में और अपनी पढ़ाई जारी रखने में समर्थ हो जाते हैं। इस मामले में यह होता है कि आप को कोलाहल की आदत पड़ जाती है। दूसरी ओर, जब किसी स्टिमुलस के प्रति प्रतिक्रिया बढ़ती है, तो उसे संवेदनशील बनना (सैंसिटाइजेशन) कहते हैं। उदाहरण के लिए, जब आप सोने की कोशिश कर रहे होते हैं, तब आप को नल के टपकने की आवाज सुनाई पड़ती है। हर टपकने वाली बूँद जो आवाज करती है, वह आपका ध्यान खींचती है और आपको नींद आने से रोक देती है।

मनुष्यों में क्लासिकल कण्डीशनिंग के दो अन्य वीडियो यहाँ देखें : https://www.youtube.com/watch?v=Eo7jcI8fAuI. https://www.youtube.com/watch?v=OwBQIhg6CvE.

ये दोनों उदाहरण समय के छोटे अन्तरालों वाले हैं, लेकिन हैबिचुएशन तथा सैंसिटाइजेशन ज्यादा लम्बी अवधियों के दौरान भी घटित हो सकते हैं और उनके परिणामस्वरूप व्यवहार में ऐसे परिवर्तन होते हैं जो लम्बे समय तक चलते हैं। लम्बी अवधि के हैबिचुएशन का एक उदाहरण तब देखा जा सकता है जब हम हवाई यात्रा करते हुए एक समय क्षेत्र (टाइम जोन) से दूसरे समय क्षेत्र में पहुँच जाते हैं। हमारा शरीर पहले कुछ दिनों तक जैटलैग्ड (शरीर की सामान्य जागने और सोने की लय के भंग होने से थकान और नींद की कमी होना) महसूस करता है, लेकिन उसके बाद धीरे-धीरे वह नए समय क्षेत्र के दिन और रात की दिनचर्या का आदी हो जाता है। लम्बी अवधि के सैंसिटाइजेशन का एक उदाहरण होगा कि कोई युद्ध में भाग लेकर लौटा सैनिक, एक कार के टायर के फटने जैसी किसी अचानक हुई आवाज को सुनकर, एकदम से जमीन पर लेट जाए जैसे कि कहीं गोली चली हो।

हमारा मस्तिष्क किसी स्मृति को कैसे निर्मित करता है?

हमारी विशिष्ट पहचानें (या व्यक्तित्व) उन तमाम विविध प्रसंगों या घटनाओं की हमारी स्मृतियों पर आधारित होती हैं जिनका हम अपने जीवनों में अनुभव करते हैं। प्रासंगिक स्मृतियाँ निर्मित करने की हमारी क्षमता के माध्यम से ही हम अपने अतीत की अच्छी और बुरी घटनाओं को फिर से याद करने में

समर्थ हो पाते हैं। हमें परिभाषित करने में प्रासंगिक स्मृतियों की भूमिका को ध्यान में रखते हुए, चलिए हम एक नजर इस पर डालें कि ये स्मृतियाँ निर्मित कैसे होती हैं।

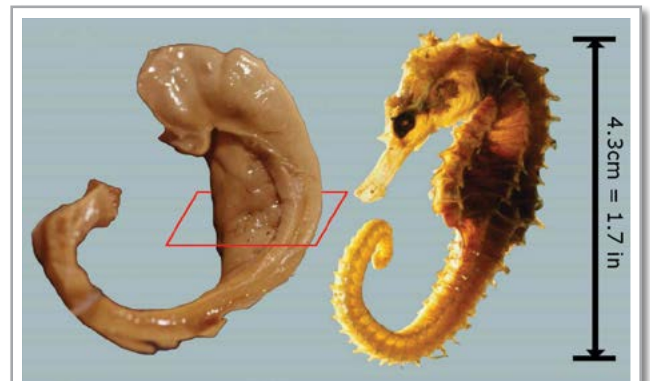
कल्पना कीजिए कि बस में सफर करते समय आप एक सड़क दुर्घटना देखते हैं। आप जो संवेदी (सैंसरी) जानकारी देखते या सुनते हैं, वह सबसे पहले संसाधित (प्रोसेस) की जाती है। आँख में प्रवेश करने वाली दृश्यात्मक जानकारी आपके मस्तिष्क के पिछले हिस्से में स्थित ऑक्सीपीटल लोब (**चित्र 2** देखें) के विज़ुअल कोर्टेक्स में जाती है। इस क्षेत्र के मस्तिष्क की कोशिकाएँ या न्यूरान्स इस प्रकार की जानकारी, जैसे कि आकृति, आकार, रंग तथा गतिशीलता, को संसाधित करने की विशेष योग्यता रखते हैं। इसी प्रकार, ऑडिटरी कोर्टेक्स - जो मीडियल, फ्रंटल तथा पेराइटल लोबों के परस्पर मिलने के स्थान पर स्थित होता है (**चित्र 2** देखें) - के न्यूरान विभिन्न आवाजों का विश्लेषण करते हैं। संसाधित की गई दृश्यात्मक (विज़ुअल) और श्रवणात्मक (ऑडिटरी) जानकारी फिर टेम्पोरल कोर्टेक्स में जाती है जहाँ वस्तुएँ, लोग तथा आवाजों की पहचान की जाती है। इसी के साथ-साथ, पेराइटल कोर्टेक्स आपके आसपास की वस्तुओं और लोगों की सापेक्षिक स्थिति का आकलन करता है। समस्त पहचानी गई जानकारी फिर 'हिप्पोकैम्पस' - जिसका नामकरण सी-हॉर्स (समुद्री घोड़ा) या ग्रीक पुराणों के समुद्री राक्षस के नाम पर किया गया क्योंकि मस्तिष्क का यह हिस्सा आकृति में उसी की तरह दिखता है (**चित्र 4** देखें) - में एक प्रासंगिक स्मृति बनाने के लिए संगठित की जाती है। हममें से प्रत्येक व्यक्ति के दो हिप्पोकैम्पाई होते हैं, जो मस्तिष्क के दोनों तरफ, दोनों कानों के पीछे, टेम्पोरल लोबों में गहराई में स्थित होते हैं (**चित्र 5** देखें)। हालाँकि, हिप्पोकैम्पाई स्वयं अपने भीतर कोई जानकारी संचित नहीं करते, परन्तु घटनाओं की विस्तृत जानकारियों को निर्मित करने, उन्हें संचित करने और फिर से स्मृति में से निकालने की क्रियाओं में वे एक महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। प्रत्येक हिप्पोकैम्पस एक पुस्तकालय के सूचीपत्र (लायब्रेरी कैटेलाग) की तरह काम करता है, अर्थात यह उस प्रत्येक स्मृति की स्थिति की जानकारी संजोए रखता है जिसे निर्मित करने में उसने सहायता की है। तो फिर किसी घटना की स्मृति कहाँ संचित करके रखी जाती है?

हमारे मस्तिष्क में कोई स्मृति न्यूरानों के द्वारा निरूपित की जाती है। यदि न्यूरान जानकारी को एक ही समय पर साथ-साथ संसाधित करते हैं तो वे मिलकर समूह बना लेते हैं। सड़क दुर्घटना के उदाहरण में, दृश्यात्मक जानकारी (उदाहरण के लिए एक घायल व्यक्ति), श्रवणात्मक जानकारी (उदाहरण के लिए, लोगों के दौड़ने, एम्बुलेंस के आने आदि की आवाजें) तथा दुर्घटना स्थल की जानकारी, ये सभी मस्तिष्क के अलग-अलग क्षेत्रों में न्यूरानों के द्वारा एक ही समय पर संसाधित की जाती हैं। वे न्यूरान एक ही समय पर एक साथ सक्रिय होते हैं, इसलिए वे मिलकर एक स्मृति बनाते हैं।

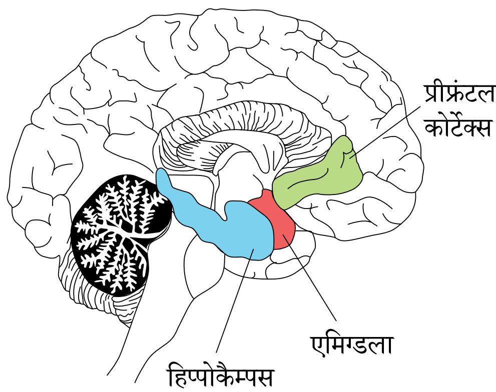
किसी प्रासंगिक स्मृति को निर्मित करने वाले न्यूरानों के समूहों के बीच के पारस्परिक सम्बन्धों को हिप्पोकैम्पस के द्वारा नियंत्रित किया जाता है। फिर जब भविष्य में - मान लीजिए कि कुछ दिन या कुछ सप्ताह बाद - ऐसे किसी प्रसंग को याद करते हैं, तो हिप्पोकैम्पस न्यूरानों के उन विशिष्ट समूहों को फिर से सक्रिय कर देता है, और घटनाएँ हमें इस तरह से याद आ जाती हैं जैसे कि हम उन्हें फिर से जी रहे हों।

आम तौर पर, हिप्पोकैम्पाई जन्म के समय पर बहुत अच्छी तरह से विकसित नहीं हुए होते हैं। लगभग 2 साल की उम्र में, हिप्पोकैम्पाई परिपक्व होने और मस्तिष्क के दूसरे क्षेत्रों से जुड़ने लगते हैं। यही कारण है कि शिशु और घुटने चलने वाले बच्चे अपने जीवनों की बहुत-सी घटनाओं या प्रसंगों को याद कर पाने में समर्थ नहीं होते। चार साल की उम्र होने तक, बच्चे धीरे-धीरे घटनाओं को फिर से याद करने, और उन्हें जो याद आता है उसे शब्दों में व्यक्त करने लगते हैं, पर उतनी अच्छी तरह से नहीं जैसे कि वयस्क लोग कर पाते हैं। शायद यही कारण है कि हममें से बहुत से लोग उस समय की घटनाएँ स्मरण नहीं कर सकते जब हम बच्चे थे, जैसे कि स्कूल में हमारा पहला दिन। उस उम्र में हमारे हिप्पोकैम्पाई तब भी विकसित हो रहे थे, और जो स्मृतियाँ तब निर्मित हुईं वे बहुत समय तक नहीं टिकीं।

सीखने और स्मृति में हिप्पोकैम्पस की भूमिका का संकेत इस तथ्य से भी मिलता है कि वह मनुष्य के मस्तिष्क का एकमात्र ऐसा क्षेत्र है जिसमें 'न्यूरोजेनेसिस' (व्यक्ति के पूरे जीवनकाल में नई कोशिकाएँ पैदा करने की क्षमता) की प्रक्रिया घटित होती है। यह बाकी मस्तिष्क के विपरीत है जिसमें जन्म से लेकर



चित्र 4 : मनुष्य का हिप्पोकैम्पस (बाईं ओर) तथा सी-हॉर्स (दाहिनी ओर) बहुत कुछ एक-से दिखते हैं।



चित्र 5 : हिप्पोकैम्पस तथा एमिग्डला मस्तिष्क के मीडियल टेम्पोरल लोबों के भीतर गहराई में दोनों ओर स्थित होते हैं।

मृत्यु तक कोशिकाओं की संख्या समान रहती है। निरन्तर सीख सकने और बड़ी मात्रा तथा विविध प्रकार की जानकारियों को स्मरण रख पाने की हमारी क्षमता के लिए हम हिप्पोकैम्पल न्यूरोजेनेसिस के ऋणी होते हैं।

हमारी स्मृतियों को क्या चीज प्रभावित करती है?

समय और रात भर की अच्छी नींद मिलने से, नई निर्मित स्मृतियाँ मजबूत होती हैं और फिर दीर्घकालीन स्मृतियों की तरह संचित हो जाती हैं। खराब नींद होने से, या कोई नींद न मिलने से, स्मृतियाँ निर्मित करने वाली हमारी प्रक्रियाएँ बुरी तरह प्रभावित होती हैं क्योंकि नींद के दौरान मस्तिष्क की गतिविधि की लएँ (rhythms) न्यूरानों को मस्तिष्क के भीतर नए सम्बन्ध बनाने के लिए उपयुक्त वातावरण प्रदान करती हैं। ये नए सम्बन्ध ही होते हैं जो हमें निहितार्थ निकालने, सृजनात्मक होने, तथा ज्ञान और विचारों का उत्पादन करने की क्षमता देते हैं।

स्मृतियाँ उसी रूप में सदा के लिए नहीं बनी रहतीं, वे समय के साथ परिवर्तित होती हैं। कुछ धीरे-धीरे धूमिल पड़ती हैं और अन्ततः हम उन्हें भूल जाते हैं। कुछ में नई जानकारियाँ जुड़ने से वे अद्यतन (अपडेट) हो जाती हैं, जैसा कि गणित और विज्ञान की ऐसी अवधारणाओं की हमारी समझ के साथ होता है जो कि निरन्तर विकसित होती रहती हैं।

भावनाएँ और तनाव हमारी सीखने तथा स्मरण रखने की क्षमता को प्रभावित कर सकते हैं। भावनाएँ हिप्पोकैम्पस के बगल में स्थित मस्तिष्क की एक संरचना 'एमिग्डला' के द्वारा नियंत्रित की जाती हैं (**चित्र 5** देखें)। एमिग्डला सभी प्रकार की भावनाओं को संसाधित करता है और हिप्पोकैम्पस को इस बारे में संकेत भी भेजता है कि कुछ सीखने या फिर से स्मरण करने के समय व्यक्ति को कितनी सकारात्मक या नकारात्मक अनुभूति हुई। नकारात्मक भावनाओं वाली अवस्थाओं के दौरान छोड़े गए न्यूरोट्रांसमिटर्स या न्यूरो रसायन हमारी सीखने और स्मरण कर पाने की क्षमता को बाधित कर सकते हैं। यही कारण है कि जब कोई परीक्षा देते समय आप तनाव में होते हैं तब कभी-कभी आपको उन बातों को भी स्मरण कर पाने में संघर्ष करना पड़ता है जो अन्यथा आपको आसानी से याद आ जाती हैं। इसके विपरीत, कोई अत्यन्त कष्टदाई (traumatic) अनुभव ऐसी प्रबल भावनात्मक प्रतिक्रिया उत्पन्न कर सकता है कि वह उस कष्टदाई घटना की विशेष स्मृति को जीवन भर सुरक्षित रखता है। ऐसे कष्टदाई अनुभव का एक उदाहरण किसी ऐसी दुर्घटना का हो सकता है जिसमें आपके प्राण तो बाल-बाल बच गए, परन्तु आपने परिवार के किसी सदस्य को खो दिया। कष्टदाई अनुभवों को भूलने में होने वाली कठिनाई कभी-कभी लोगों में भावनात्मक तनाव या तनाव-सम्बन्धी बीमारियाँ पैदा कर सकती है।

यदि हमारी कोई स्मृतियाँ नहीं होतीं तो क्या होता?

जैसी कि पहले चर्चा की जा चुकी है, अन्तर्निहित स्मृतियों के लिए चेतन या जान-बूझकर किए गए विचार की जरूरत नहीं होती, जबकि व्यक्त की जाने वाली स्मृतियों के लिए यह जरूरी होता है। चेतन रूप से विचार करने के द्वारा हम अपने अतीत को फिर से जी सकते हैं, वर्तमान को अनुभव कर सकते हैं, और भविष्य की कल्पना कर सकते हैं। दूसरे शब्दों में, हम मानसिक रूप से समय में यात्रा कर सकते हैं। यह क्षमता बहुत महत्त्वपूर्ण रूप से प्रासंगिक स्मृतियों पर निर्भर करती है जिन्हें हिप्पोकैम्पस के द्वारा नियंत्रित किया जाता है।

यदि हमारे पास कोई हिप्पोकैम्पस न होता तब क्या होता? इस प्रश्न का उत्तर एचएम (देखें **बॉक्स 1** : एचएम का मामला) जैसे मरीज के मामले से मिलता है जिसके हिप्पोकैम्पाई नदारद हो गए थे। हिप्पोकैम्पाई के बिना एचएम को अपने अतीत का स्मरण कर पाने में संघर्ष करना पड़ता था और वह नई स्मृतियाँ बनाने में, या अपने भविष्य के बारे में सोचने में असमर्थ था। मानसिक रूप से समय में यात्रा करने की यह योग्यता ही हमें प्रबुद्ध या चेतन प्राणी बनाती है जो कि मनुष्यों की अनोखी विशेषता है।

निष्कर्ष

जहाँ स्मृतियाँ हमारे जीवन के अनुभवों से उत्पन्न होती हैं, वहीं दशकों तक किया गया शोधकार्य हमें दर्शाता है कि हमारी स्मृतियाँ स्थाई नहीं होतीं। वे स्वरूप और/तथ्यात्मक शुद्धता में बदलती रहती हैं। वर्तमान शोधकार्य उन सभी सम्भव कारकों

एचएम का मामला

हैनरी गुस्ताव मोलायसन (26 फरवरी 1926 - 2 दिसम्बर 2008) जिसे शोधकर्ताओं द्वारा एचएम कहकर सम्बोधित किया गया, तंत्रिकाविज्ञान के इतिहास में ऐसा मरीज था जिसका सबसे अधिक अध्ययन किया गया। 50 साल से भी अधिक समय तक उसके अनोखे मामले ने वैज्ञानिकों को स्मृति का अध्ययन करने में मदद की। एचएम को 7 साल की उम्र में एक साइकिल ने गिरा दिया जिसके परिणामस्वरूप उसको दौरे या मिर्गी के फिट आने लगे, जो उसके 16 साल के होने के बाद और भी बदतर हो गए। वह सामान्य जीवन नहीं जी सकता था। डा. विलियम स्कोवील, जो हार्टफोर्ड हॉस्पिटल, कनेक्टीकट, यूएसए में एक तंत्रिकाविज्ञानी थे, ने उसकी मिर्गी के इलाज के लिए शल्यचिकित्सा प्रक्रिया की सलाह दी। उनकी राय थी कि एचएम के बाइलेटरल मीडियल टेम्पोरल लोबों में से मस्तिष्क के ऊतकों को निकालने से उसके दौरे नियंत्रित हो जाएँगे। उस शल्यचिकित्सा ने एचएम के लिए, जो तब 27 साल का था, स्मृति-सम्बन्धी गम्भीर समस्याएँ पैदा कर दीं। वह अपने नाम, परिवार और बचपन का स्मरण तो कर सकता था, किन्तु वह अपनी रोजमर्रा की गतिविधियों को याद नहीं रख सकता था। और न ही वह अपने डाक्टर को स्मरण रख पाता था जो कि उसे देखने रोज आते थे। इस बात ने डा. स्कोवील को उलझन में डाल दिया क्योंकि ऐसे मरीज से कभी उनका सामना नहीं हुआ था। फिर डा. स्कोवील ने एक क्लीनिकल न्यूरोसाइकोलोजिस्ट, डा. ब्रेंडा मिलर को एचएम का अध्ययन करने के लिए आमंत्रित किया। डा. मिलर ने इससे मिलते-जुलते मरीजों के साथ काम किया था, लेकिन उनमें से किसी के लक्षण इतने प्रबल नहीं थे जितने कि एचएम के थे। उनकी शोध टीम ने कई वर्षों तक परीक्षण करके पाया कि एचएम की बौद्धिक क्षमताओं को कोई क्षति नहीं पहुँची थी। वह तथ्यों और सामान्य ज्ञान की बातों को स्मरण कर सकता था। अभ्यास करने के कई परीक्षणों के बाद, वह अंग संचालन के कौशलों को सीख सकता था (जैसे कि किसी सितारे के दर्पण में दिखाई देने वाले प्रतिबिम्ब के माध्यम से उस सितारे को ढूँढ़ना), लेकिन उसे इन सीखने के सत्रों का चेतन बोध कभी नहीं रहता था। एचएम पर वर्षों तक किए गए परीक्षणों के उनके प्रयासों से प्रकट हुआ कि एचएम को उसकी शल्यचिकित्सा के पहले बीते कुछ वर्षों की घटनाओं को स्मरण कर पाने में कठिनाई होती थी (retrograde amnesia)। और न ही एचएम नई स्मृतियाँ निर्मित कर पाता था (antero-grade amnesia), जिस कारण से ही वह अपने डाक्टर को स्मरण नहीं रख पाता था। वह केवल वर्तमान में रहता था। डा. स्कोवील तथा डा. मिलर ने इस पहेली के टुकड़ों को संयोजित किया और वे इस निष्कर्ष पर पहुँचे कि एचएम के मिर्गी के दौरों का इलाज करने के प्रयास में, डा. स्कोवील ने 'हिप्पोकैम्पस' को निकाल दिया था, जो मीडियल टेम्पोरल लोब के भीतर स्थित एक विशेष क्षेत्र होता है, और जो दीर्घकालीन स्मृतियों को निर्मित करने, बनाए रखने, और स्मरण कर पाने के लिए महत्त्वपूर्ण होता है।

Source: Squire, L. (2009). The legacy of patient HM for neuroscience. Neuron, 61(1): 6–9. Big Picture: Inside the Brain (2013). Published by the Wellcome Trust, a charity registered in England and Wales, no. 210183. bigpictureeducation.com.

पर केन्द्रित है जो किसी स्मृति को परिवर्तित करने का कारण होते हैं। उन कारकों को जानने से ऐसे लोगों के उपचार में सहायता मिल सकती है जो स्मृति-सम्बन्धी बीमारियों से पीड़ित रहते हैं।

परन्तु, यह बात हम निश्चित रूप से समझते हैं कि हमारी स्मृतियाँ हमारे लिए नितान्त आवश्यक होती हैं। हम उनका इस्तेमाल अतीत के सन्दर्भों का सहारा लेते हुए अपने भविष्य की योजना बनाने और उसका अनुमान लगाने के लिए करते हैं। अच्छी और बुरी, दोनों प्रकार की स्मृतियाँ हमारी सोचने, निर्णय लेने और समस्याओं को सुलझाने की क्षमताओं को निर्मित करने में सहायक होती हैं। जहाँ नकारात्मक अनुभव हमें याद दिलाते हैं कि क्या हानिकारक हो सकता है और उससे बचने की जरूरत होती है, वहीं सकारात्मक अनुभव हमें कुछ अन्य प्रकार के व्यवहारों को प्रदर्शित करने के लिए प्रोत्साहित करते हैं।





भक्ति दोनगाँवकर ने यूनिवर्सिटी ऑफ एरिजोना, टक्सन से कॉग्नीशन एण्ड न्यूरल सिस्टम्स में अपनी पीएच.डी. की उपाधि पूरी की है। वे वर्तमान में टीआईएफआर, बेंगलूरु के नैशनल सेंटर फॉर बायोलोजिकल साइंसेज में रिसर्च फेलो के रूप में कार्यरत हैं। वे इस बात का अध्ययन कर रही हैं कि तनाव तथा अवसाद किस प्रकार मनुष्यों की स्मृतियों को प्रभावित करते हैं। उनसे bhaktee.dongaonkar@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** सत्येन्द्र त्रिपाठी

पंख और गरम खून : डाइनोसौर के बारे में वे तथ्य जो आपको मालूम नहीं हैं

विग्नेश नारायण

आज पाए जाने वाले विभिन्न प्रकार के पक्षियों के सुदूर अतीत में जाने पर पता चलता है कि उनके आदि पूर्वज डायनासोर थे। लगभग 660 लाख साल पहले, एक महाविनाश की घटना (शायद कोई एस्ट्रायड, या क्षुद्र ग्रह, पृथ्वी से टकराया था) ने अधिकांश डायनासोर आबादी को नष्ट कर दिया।

उनमें से जो थोड़े से बचे थे वे उन पक्षियों में विकसित हो गए जो हमें आज दिखाई देते हैं। पर यह बात बहुत थोड़े से लोग जानते हैं कि पिछले दो दशकों में पुरातत्व विशेषज्ञों (आर्कियालोजिस्टों) ने डायनासोरों के ऐसे हजारों जीवाश्म खोज निकाले हैं जिनके पंख थे!

'प्रोटो फैदर्स' या आदिम पंख विविध प्रकार के डायनासोरों (मांसाहारी पक्षियों के पूर्वजों से लेकर पौधों को खाने वाले डायनासोरों तक) के जीवाश्मों पर पाए गए हैं जो उस महा विलुप्तीकरण (एक्सटिंक्शन) की घटना में समाप्त कर दिए गए थे।

यहाँ तक कि, जीवाश्मों के रंजक कोशाणुओं (पिगमैंट सैल्स) से प्राप्त जानकारियों का उपयोग करते हुए, कुछ डायनासोर प्रजातियों के पंखों के रंग भी ज्ञात कर लिए गए हैं! येल यूनिवर्सिटी के शोधकर्ताओं के अनुसार, पंखों वाले डायनासोर की एक प्रजाति, एंकिओर्निस हक्सलेई, जुरासिक काल के बाद के हिस्से में चीन में निवास करती थी। उनके शरीर पर सिलेटी रंग के पंख (प्लूमेज) थे, कुछ लाल-सी कलगी थी और उसके डैनों और पैरों पर सफेद रंग के पंख थे जिनके सिरे काले थे।



डायनासोरों के जीवाश्मों पर की गई विभिन्न प्रकार की मापों का इस्तेमाल करते हुए शोधकर्ताओं ने निष्कर्ष निकाला कि इन विशाल जीवों के शरीर के तापमान 36 डिग्री सैल्सियस और 38 डिग्री सैल्सियस के बीच में होता था। इसके कारण वे पक्षियों की तरह ही गरम खून वाले पशु थे, न कि ठण्डे खून वाले जैसे कि हमारे आज के सरीसृप (रैप्टाइल्स) होते हैं।

हम डायनासोरों की विशाल, ठण्डे खून वाले सरीसृपों जैसी पारम्परिक छवियों को अब पीछे छोड़ रहे हैं। इसके बजाय, हम उन्हें गरम खून और चमकदार रंगों वाले ऐसे पशुओं के रूप में देखना आरम्भ कर रहे हैं जो उड़ने और प्रणयसाथियों (मेट्स) को आकर्षित करने के लिए पंखों का उपयोग करते थे, काफी कुछ वैसे ही जैसे कि आज के पक्षी करते हैं।



विग्नेश नारायण इण्डियन इंस्टीट्यूट आफ साइंस, बेंगलूरु में आणविक जीवविज्ञान के पीएच.डी. विद्यार्थी हैं। उनमें शोधकार्य तथा लोकप्रिय विज्ञान लेखन के प्रति बहुत लगाव है। उनकी विशेषज्ञता का क्षेत्र जीवविज्ञान है, और विशेष रूप से उनका जोर रोगों के आणविक जीवविज्ञान तथा सूक्ष्मजीवविज्ञान पर है। आप उनसे vigneshnarayan313@gmail.com पर सम्पर्क कर सकते हैं। **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी

हमारे संग साथी

आँत के बैक्टीरिया

किस तरह स्वास्थ्य और बीमारी को प्रभावित करते हैं

गगनदीप कांग

आँत की पूरी लम्बाई में विभिन्न प्रकारों के सूक्ष्मजीवों के विभिन्न परिमाणों में मौजूद रहने की वजह से उसका वातावरण जटिल होता है। स्वास्थ्य और बीमारियों के विकसित होने में चयापचय प्रक्रिया के सन्तुलन की कार्यप्रणाली पर आँतों के सहभोजी सूक्ष्मजीवों के प्रभाव की क्या भूमिका होती है? यह लेख आँत के कीटाणु (बैक्टीरिया) की हमारी समझ के इन उभरते हुए अग्रणी क्षेत्रों में से कुछ की छानबीन करता है।

पिछले लगभग पाँच वर्षों में हुई खोजों ने हमें बताया है कि सूक्ष्मजीवों से हमारा परिचय हमारे जन्म के भी पहले ही हो जाता है। एक पुरानी धारणा, कि माँ का गर्भाशय विकसित हो रहे भ्रूण की सूक्ष्मजीवों से रक्षा करता है, के विपरीत अब हम जानते हैं कि कीटाणु माँ के खून से एम्नियोटिक द्रव (जो विकसित होते हुए भ्रूण को घेरे रहता है) में प्रवेश कर जाते हैं। इन कीटाणुओं के प्रकारों और संख्याओं का न केवल गर्भावस्था के परिणामों पर, बल्कि नवजात शिशु के रोगरोधी तंत्र (immune system) पर भी अत्यधिक प्रभाव पड़ता है। हमारे जन्म के समय जीवाणुओं के साथ हमारा सम्बन्ध बहुत तेज हो जाता है। एक नवजात शिशु को लगभग हर उस चीज में सूक्ष्मजीवों का सामना करना पड़ता है जिससे वह सम्पर्क में आता है - माँ की जन्म नलिका, त्वचा और स्तन का दूध, अन्य भोजन और वातावरण। सम्पर्क में आने वाली शिशु की सभी खुली सतहें जिनमें उसकी त्वचा, आँखें, कान, प्रजनन मार्ग और आँत शामिल रहती हैं, में जल्दी ही जीवाणु अपनी बस्ती (कालोनी) बना लेते हैं। इन प्रारम्भिक जीवाणु आबादियों की प्रकृति

उपनिवेश बसाना (Colonisation) : यह वह प्रक्रिया है जिसके द्वारा जीवाणुओं के कोशाणु (माइक्रोबियल सैल्स) शरीर में प्रवेश करने के बाद अपनी 'बस्ती (कालोनी)' स्थापित करने के लिए बहुगुणित होते हैं। आम तौर पर, जीवाणुओं की अलग-अलग प्रजातियाँ शरीर के अलग-अलग हिस्सों में बहुतायत से पाई जाती हैं - दाँतों की सतह पर मौजूद कीटाणु उनसे भिन्न होते हैं जो गालों पर होते हैं, और फिर वे उनसे भिन्न होते हैं जो जीभ को कोलोनाइज करते हैं, आदि।

ऐंटोनी वान लियुवेनहॉक : इन्हें व्यापक रूप से 'सूक्ष्मजीवविज्ञान का पिता (फादर ऑफ माइक्रोबायोलोजी)' माना जाता है। कई दृष्टियों से लियुवेनहॉक वैज्ञानिक होने की सम्भावना वाले व्यक्ति नहीं थे। एक मामूली व्यापारी होने के कारण उनके पास न पैसा था, न ही कोई शैक्षिक डिग्री थी। वे केवल अपनी मूल भाषा डच ही जानते थे। इन कमियों के बावजूद, उन्होंने जीवविज्ञान की कुछ सबसे प्रभावशाली खोजें कीं। उनके पूरे जीवनकाल में लैंसों को घिसकर उन्होंने लगभग 500! - सरल सूक्ष्मदर्शी (माइक्रोस्कोप) बनाए। उन्होंने स्पर्म के कोशाणुओं, रक्त के कोशाणुओं, दाँतों की खुरचनों पर मौजूद कीटाणुओं के कोशाणु और साथ ही माइक्रोस्कोपिक रोटीफर्स और प्रोटिस्ट्स की खोज की।

और उनका आकार शुरुआत में आहार तथा वातावरण में होने वाले बदलावों के साथ परिवर्तित हो सकता है, पर जब बच्चा कुछ और बड़ा होता है तो जीवाणुओं के ये समुदाय उनके संघटन में ज्यादा स्थिर हो जाते हैं। एक वयस्क व्यक्ति की आँत में सभी प्रकार के सूक्ष्मजीवों - कीटाणु, फफूँद तथा वायरसों - की हजारों प्रजातियाँ होती हैं जो उस व्यक्ति के शरीर के वजन में लगभग 2 किलोग्राम का योगदान देती हैं!

जब 1700 के बाद के शुरुआती वर्षों में ऐंटोनी वान लियुवेनहॉक ने अपनी शोध रचना को प्रकाशित किया था, तभी से वैज्ञानिकों को यह ज्ञात रहा है कि मनुष्य के शरीर में सूक्ष्मजीव विभिन्न स्थानों पर, विशेष रूप से आँत में, पाए जाते हैं। हमें यह भी मालूम रहा है कि वे सभी जीवाणु जो किसी विशेष जगह पर पाए जाते हैं वहाँ के स्थाई निवासी नहीं होते, कुछ केवल बीच-बीच में ही प्रकट होते हैं। जो जीवाणु स्थाई निवासी होते हैं वे अपने मेजबान के साथ लम्बे समय तक चलने वाली अन्तर्क्रियाएँ स्थापित कर लेते हैं, और स्थाई आबादियाँ निर्मित कर लेते हैं जिनके देखे जा सकने वाले कार्य होते हैं।

हाल के शोध ने यह दर्शाना आरम्भ किया है कि सूक्ष्मजीवों और उनके मेजबान के बीच में होने वाली अन्तर्क्रियाओं से कुछ **वाकई में** कितनी जटिल होती हैं। प्रयोगशाला के विज्ञान तथा जानवरों के प्रतिरूप तंत्रों (मॉडल सिस्टम्स) में हुए सुधार ऐसी कुछ कार्यप्रणालियों को समझने में हमारी मदद कर रहे हैं जिनके द्वारा मनुष्य-जीवाणु अन्तर्कियाएँ घटित होती हैं, और यह भी कि वे किस प्रकार मेजबान मनुष्यों के स्वास्थ्य और बीमारियों को प्रभावित करती हैं।

आँतों के सूक्ष्मजीवों का अध्ययन किस तरह किया जाता है

आँतों के सूक्ष्मजीवों से हमारे सम्बन्ध को समझना आँत में मौजूद विभिन्न सूक्ष्मजीवों के प्रकारों को पहचानने और उनकी संख्याओं का पता करने , भिन्न-भिन्न सूक्ष्मजीवों के बीच में होने वाली और सूक्ष्मजीवों तथा हमारे शरीरों के बीच में होने वाली अन्तर्क्रियाओं की प्रकृति पर निर्भर करता है।

यह करने की पारम्परिक पद्धति में आँत से एक-एक करके जीवाणुओं की प्रजातियों को अलग करना, और उन्हें प्रयोगशाला की नियंत्रित परिस्थितियों में प्रजनन करने के लिए प्रेरित करना (जिसे आम तौर पर माइक्रोबियल कल्चर या सिर्फ 'कल्चर' कहा जाता है) होगा। इसके बाद विविध प्रकार के भौतिक-रसायनिक तथा जैविक परीक्षणों का उपयोग इन कोलोनियों को विशिष्ट रूप से पहचानने के लिए किया जाएगा, यह प्रक्रिया वैसी ही होती है जैसी कि मनुष्यों को उनके चेहरे के नाक-नक्शों के आधार पर पहचानने के लिए की जाती है। परन्तु, इस पद्धति के उपयोग सीमित होते हैं क्योंकि हम उन तमाम जीवाणुओं को प्रयोगशाला की परिस्थितियों में उगाने में समर्थ नहीं हो पाए हैं जो मनुष्य की आँत के कम (या बिलकुल नहीं) आक्सीजन वाले वातावरण में पनपते हैं।

इसके विपरीत आनुवांशिकी में हुई हाल की प्रगतियों ने इन सूक्ष्मजीवों को उनके न्यूक्लिक अम्लों के द्वारा पहचानना एक ऐसी प्रक्रिया के फलस्वरूप सम्भव बना दिया है जो वैसी ही होती है जैसी कि मनुष्यों में उँगलियों के निशानों को पहचानने के लिए इस्तेमाल की जाती है। इसके अलावा, चूहों के ग्नोटोबायोटिक, नॉक-आउट, ट्रांसजेनिक तथा ह्यूमनाइज्ड प्रतिरूप भी आँत के जीवाणुओं और उनके मनुष्य मेजबानों के बीच में होने वाली परस्पर बातचीत को समझने में हमारी मदद कर रहे हैं।

इस प्रकार, अब न केवल आँत में 'वहाँ कौन है' इसके बारे में, बल्कि 'वे वहाँ क्या कर रहे हैं?' इसके बारे में भी नई जानकारी सामने आ रही है। उनका अध्ययन करने की विधियों में सुधार

माइक्रोबायोटा

इस शब्द का आशय किसी विशेष स्थान पर, उदाहरण के लिए किसी व्यक्ति की त्वचा पर या किसी महासागर के द्वार (ओशन वेंट) पर पाए जाने वाले सूक्ष्मजीवों के संग्रहों से होता है।

आँतों के माइक्रोबायोटा की लाक्षणिक विशेषता बताने के लिए जानवरों के प्रतिरूपों का उपयोग

ग्नोटोबायोटिक - (यह ग्रीक शब्दों *ग्नोस्टोस*, अर्थात ज्ञात, और *बायोस*, अर्थात जीवन से मिलकर बना है) का आशय किसी प्रयोगशाला के जानवर, आम तौर पर चूहा से होता है जिसका सूक्ष्मजीवाणु संघटन हमें सम्पूर्ण रूप से ज्ञात होता है। इन जानवरों को कीटाणु रहित वातावरणों में पाला जाता है और फिर नियंत्रित तरीके से प्रयोगशाला की परिस्थितियों में उनका सामना सूक्ष्मजीवों की एक या कुछ प्रजातियों से करवाया जाता है। इस विशिष्ट प्रकार के कोलोनाइजेशन के ग्नोटोबायोटिक जानवर पर हुए प्रभावों का उपयोग उन जीवाणुओं की मनुष्यों या अन्य मेजबानों के साथ होने वाली उसी तरह की अन्तर्क्रियाओं को समझने के लिए किया जाता है।

नॉक-आउट - यह प्रयोगशाला में पाला गया चूहा होता है जिसमें किसी विशेष वंशाणु (जीन) को निष्क्रिय बना दिया गया है, या कहें कि उसे 'नॉक्ड आउट' कर दिया गया है। उपलब्ध प्रमाण दर्शाते हैं कि व्यक्तियों की आनुवांशिक पृष्ठभूमि - अर्थात कुछ वंशाणुओं की उपस्थिति या अनुपस्थिति - उनकी आँत के माइक्रोबायोटा के संघटन को प्रभावित करती है। वैज्ञानिक इसकी पड़ताल उन मानवीय वंशाणुओं के अनुरूप चूहों के वंशाणुओं को निष्क्रिय बनाने से उनकी आँत के जीवाणुओं के समुदायों पर पड़ने वाले प्रभावों का मूल्यांकन करने के द्वारा कर सकते हैं।

ट्रांसजेनिक - यह कोई भी ऐसा पौधा या जानवर होता है जिसके वंशाणुओं के समूह (जीनोम) में किसी अन्य जीवरूप से एक या अधिक वंशाणुओं का प्रवेश हो गया होता है। यह प्रवेशन या तो प्राकृतिक रूप से (उदाहरण के लिए, शकरकन्द (स्वीट पोटैटो) की सैकड़ों किस्मों के डी.एन.ए में रोग पैदा करने वाले कीटाणुओं के वंशाणुओं का प्रविष्ट होना पाया जाता है), या जान-बूझकर किए गए मानवीय हस्तक्षेप के द्वारा होता है।

ह्यूमनाइज्ड - ऐसे चूहे वे होते हैं जिनकी आँतों में मनुष्य के मल के माइक्रोबायोटा को प्रतिरोपित (ट्रांसप्लांट) कर दिया गया होता है। मनुष्य की चयापचय (मैटाबोलिज्म) प्रक्रियाओं में आँतों के सूक्ष्मजीवों की भूमिका को समझने के लिए, इन चूहों की तुलना सामान्य चूहों से की जाती है।

के फलस्वरूप, हम अब न केवल आँत के सूक्ष्मजीवों की विविधता को पहचानने में, बल्कि उनकी अन्तर्क्रियाओं और कार्यकारी स्थायित्व के बारे में भी जानने में समर्थ हो गए हैं।

मनुष्य की आँत में मौजूद जीवाणुओं के समुदाय

कोलोनाइजेशन के बारे में हमारी अधिकांश प्रारम्भिक जानकारी ऐसे एरोबिक (आक्सीजन की मौजूदगी में पनपने वाले) तथा एनएरोबिक (आक्सीजन के बिना पनपने वाले) कीटाणुओं के अध्ययनों से आई जिन्हें प्रयोगशालाओं में कल्चर किया जा सकता था। इन अध्ययनों ने हमें दिखाया है कि मनुष्य की आँत विभेदपूर्ण ढंग से कोलोनाइज की गई होती है, अर्थात उसमें कीटाणु की संख्या और विविधता क्रमिक रूप से बढ़ती जाती है। इस प्रकार, पेट में निहित सामग्री के प्रत्येक मिलीलीटर में लगभग 10,000 बैक्टीरियल सैल होते हैं, छोटी आँत (इलियम) में इनका घनत्व इससे बहुत अधिक (लगभग 108 बैक्टीरियल सैल प्रति मिलीलीटर), और डिस्टल कोलोन में और भी बड़ी संख्याओं में (लगभग 1013 बैक्टीरिया प्रति मिलीलीटर)-इनका वास होता है। इस जटिलता को और बढ़ाते हुए, कीटाणुओं की अलग-अलग प्रजातियों का आँत के अलग-अलग स्थानों में प्रभुत्व होता है, जैसे कि *हैलिकोबैक्टर* प्रजातियाँ पेट में पाई जाती हैं, फैकल्टेटिव एनएरोब्स तथा स्ट्रिक्ट (विशुद्ध) एनएरोब्स इलियम में, और प्रमुख रूप से एनएरोबिक कीटाणु डिस्टल कोलोन में पाए जाते हैं। इसके अलावा, मनुष्य की आँत में जीवाणुओं के समुदायों का संघटन एक व्यक्ति के जीवनकाल के दौरान बदल सकता है, तथा अलग-अलग व्यक्तियों के बीच भी 30 प्रतिशत तक बदल सकता है।

एक शोध अध्ययन ने 2011 में, मनुष्यों की आँतों के माइक्रोबायोटा के संघटन के आधार पर सभी मनुष्यों को तीन वर्गों या 'एंटेरो' प्रकारों में वर्गीकृत किया। पहले वर्ग में आने वाले, और टाइप 1 एंटेरो टाइप कहलाने वाले, मनुष्यों में *बैक्टीसॉयड्स* प्रजातियों के, और इसलिए उनमें बायोटिन (विटामिन बी 7) के संश्लेषण के लिए जरूरी एंज़ाइमों के भी उच्च स्तर होते हैं जिनका उत्पादन ये कीटाणु करते हैं। टाइप 2 एंटेरो टाइप के लोगों में कम *बैक्टीसॉयड्स* प्रजातियाँ, पर अधिक *प्रीवोटेला* प्रजातियाँ होती हैं, और इसलिए उनमें

थियामाइन (विटामिन बी 1) के लिए अधिक एंज़ाइम होते हैं, जबकि टाइप 3 के लोगों में *रूमीनोकोकस* प्रजातियों के उच्च स्तर होते हैं।

आहार तथा आँत का माइक्रोबायोटा : आप वही होते हैं जो आप खाते हैं

आँत के माइक्रोबायोटा और उनके मेजबान के बीच का सम्बन्ध मेजबान के आहार के द्वारा प्रबल रूप से प्रभावित होता है।

जिन पोषक तत्वों को हम भोजन के रूप में ग्रहण करते हैं, वे जीवाणुओं के मेटाबोलिज्म के लिए आधार सामग्री की तरह काम करके आँत के जीवाणुओं के समुदायों की संरचना को बदलने में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। इसका एक उदाहरण इस तथ्य में देखा जाता है कि जब फार्मूले वाले आहार पर पोषित शिशुओं की तुलना में स्तनपान के द्वारा पोषित शिशु बाइफिडोबैक्टीरिया के अधिक उच्च स्तर दर्शाते हैं। नवजात शिशु में बाइफिडोबैक्टीरिया के स्वास्थ्य से सम्बन्धित अनेक लाभ होते हैं, जैसे कि आँत के म्यूकोसा की सुरक्षा, इम्यूनोग्लोबुलिन ए का बढ़ा हुआ उत्पादन और स्तन के दूध में मौजूद कार्बोहाइड्रेटों को मेटाबोलाइज करने की क्षमता।

इसी प्रकार, एक अन्य अध्ययन ने अफ्रीका के ग्रामीण बुरकीना फासो में रहने वाले बच्चों की आँतों के माइक्रोबायोटा की तुलना यूरोप के बच्चों से की। जहाँ अफ्रीकी बच्चों का आहार जटिल कार्बोहाइड्रेटों, रेशे तथा गैर-पशु प्रोटीन में समृद्ध था, वहीं यूरोपियन बच्चों का आहार पशु-प्रोटीन, शक्कर, स्टार्च और वसा में समृद्ध था। इस अध्ययन ने दर्शाया कि यूरोप के बच्चों की अपेक्षा बुरकीना फासो के बच्चों में अधिक माइक्रोबियल सम्पन्नता, अधिक *प्रीवोटेला* तथा कम *बैक्टीरॉयड्स* थे, और वे छोटी-शृंखला वाले वसा अम्लों (फैटी ऐसिड्स) के ज्यादा उच्च स्तरों का उत्पादन करते थे। अन्य अध्ययनों ने दर्शाया है कि ज्यादा जीवाणु सम्पन्नता का सम्बन्ध ऐसे आहारों से होता है जिनमें फलों, सब्जियों और रेशे की अधिकता होती है, जबकि कम जीवाणु सम्पन्नता का सम्बन्ध अनेक रोगों - मोटापा, इनसुलिन के प्रति प्रतिरोध, खून में लिपिड्स की असामान्य मात्राओं का होना और सूजन-सम्बन्धी बीमारियों से होता है।

मनुष्यों में आँत के जीवाणुओं के समुदायों के संघटन तथा/या सम्पन्नता को प्रभावित करने के अलावा, आहार उन समुदायों के मेटाबोलिक कार्यों में भी परिवर्तन कर सकते हैं। आँत के कीटाणु अनेक प्रकार के खाद्य पदार्थों को पचाकर ऐसे छोटे अणु उत्पादित करते हैं जो कि फिर मनुष्यों के यकृत में मेटाबोलाइज होते हैं और मनुष्य के शरीर क्रियाविज्ञान में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। उदाहरण के लिए, स्टार्च में मौजूद कार्बोहाइड्रेटों को कोलोनिक कीटाणु द्वारा तोड़ा जा सकता है और इस तरह छोटी शृंखला वाले ऐसे वसा अम्लों का उत्पादन किया जाता है जो रोगरोधन क्षमता तथा लिपिड संश्लेषण से सम्बन्धित कई कार्यों को नियंत्रित करते हैं।

स्वास्थ्य और बीमारी में आँत के माइक्रोबायोटा

हालाँकि अलग-अलग व्यक्तियों की आँत के माइक्रोबायोटा में अन्तर होते हैं, सामान्य रूप से मनुष्य के शरीर में होने वाले किसी एक ही मेटाबोलिक कार्य को एक से अधिक जीवाणुओं की प्रजातियाँ क्रियान्वित कर सकती हैं। इसका मतलब है कि भिन्न-भिन्न जीवाणुओं की प्रजातियों की संख्या, प्रकार तथा अनुपातों में अन्तरों और परिवर्तनों के बावजूद, उनके मानवीय मेजबानों की आँत की कार्यप्रणाली सामान्य रूप से जारी रह सकती है।

कुछ बहुत ही रोचक विकासात्मक तथा आणविक प्रक्रियाओं के माध्यम से आँत का माइक्रोबायोटा और उनके मेजबान एक-दूसरे के अनुकूल बन जाते हैं। इसका एक उदाहरण जापानियों में देखने को मिलता है। एक व्यंजन सुशी जो चावल और कच्ची मछली को नोरी (जो सीवीड या समुद्री सिवार से निकाली जाती है) में लपेटकर बनाया जाता है, जापानी आहार का एक महत्वपूर्ण हिस्सा होता है। नोरी मनुष्यों के द्वारा खाया जाने वाला एक अकेला ऐसा खाद्य पदार्थ है जिसमें, पोरफीरेंस कहलाने वाले, एक विशेष श्रेणी के जटिल कार्बोहाइड्रेट होते हैं। हम केवल ऐसे दो जीवरूपों को जानते हैं जिनमें, पोरफीरेंसेस कहलाने वाले, ऐसे एंज़ाइम होते हैं जो पोरफीरेंस को तोड़ने में समर्थ होते हैं। इनमें से एक समुद्री बैक्टीरियम होता है, जो *जोबेलिया गैलेक्टोनिवोरेंस* कहलाता है, और जो प्राकृतिक रूप से समुद्री सिवार में पलता है। दूसरा एक आँत का बैक्टीरियम होता है, जिसे *बैक्टीरॉयड्स पलेबीटस* कहते हैं, और वह केवल जापानी लोगों की आँतों में पाया जाता है। यह बात सम्भावित प्रतीत होती है कि मनुष्य की आँत के इस बैक्टीरियम ने पोरफीरेंसेस के लिए आवश्यक वंशाणुओं को *जोबेलिया* से हासिल कर लिया हो, जिसे जापानी लोग उस समुद्री सिवार के साथ खा जाते हैं जो उनके नियमित आहार का हिस्सा होती है। इन वंशाणुओं को हासिल करके, आँत के बैक्टीरिया समुद्री सिवार के कार्बोहाइड्रेटों को तोड़ने में समर्थ होते हैं, और इस तरह ऊर्जा के एक अतिरिक्त स्रोत का दोहन कर पाते हैं।

माइक्रोबायोटा पर हुआ व्यापक शोध कार्य दर्शाता है कि मनुष्यों की आँतों में होने वाले कई अलग-अलग कार्यों - जिनमें पोषक तत्वों का अवशोषण, कार्बोहाइड्रेट का मेटाबोलिज्म

उपयोगी वैबसाइटें

http://academy.asm.org/index.php/faq-series/5122-humanmicrobiome

http://www.gutmicrobiotawatch.org/en/gut-microbiota-info/

और आँतों की गतिशीलता (मोटिलिटी) शामिल हैं - में भाग लेने वाले वंशाणुओं को आँत के कीटाणु कम या ज्यादा करते हैं।

रोग के संक्रमण की रोकथाम करना : अवरोधक का कार्य

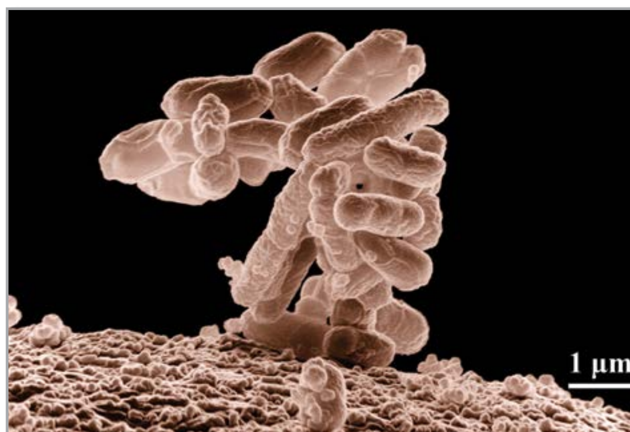
आँत के माइक्रोबायोटा से हमें मिलने वाले महत्त्वपूर्ण लाभों में से एक यह है कि ये जीवाणु सम्भावित रोगाणुओं (पैथोजंस) के खिलाफ एक सुरक्षात्मक अवरोध की तरह काम करते हैं। वे यह विविध प्रकार की क्रियाविधियों के माध्यम से करते हैं, जिनमें से एक में ऐसे एंटीमाइक्रोबियल पदार्थों का उत्पादन करना निहित होता है जो आँतों के कई पैथोजन्स के खिलाफ सक्रिय रहते हैं। उदाहरण के लिए, *लैक्टोबैसिलस* तथा *बाइफिडोबैक्टीरियम* प्रजातियाँ ऐसे एंटीबैक्टीरियल पदार्थों का उत्पादन करते हैं जो बहुत से पैथोजंस, जिनमें एंटेरो-पैथोजेनिक *ई. कोलाई*, तथा *लिस्टेरिया मोनोसाइटोजन्स*, आदि शामिल रहते हैं, के खिलाफ सक्रिय रूप से काम करते हैं। पैथोजंस के कोलोनाइजेशन की रोकथाम करने के लिए आँत के कीटाणुओं द्वारा इस्तेमाल की जाने वाली अन्य क्रियाविधियों में चाबुक जैसी (फ्लैजलर) गतिशीलता को क्षति पहुँचाना और मेजबान में कोशाणुओं की (सैल्यूलर) क्षति को रोकना आदि शामिल रहती हैं।

पोषक तत्वों को ग्रहण करना

मेजबान-जीवाणु सम्बन्ध के बारे में हाल के वर्षों में हुई सबसे रोमांचक खोजों में से एक कुपोषण में आँत के माइक्रोबायोटा की भूमिका की है।

आँत के माइक्रोबियल जीवसमूह तथा मेजबान के बीच का सम्बन्ध किसी एक या दोनों भागीदारों के द्वारा मनुष्य के आहारों में मौजूद पोषक तत्वों का उपयोग करने की क्षमता पर निर्भर करता है। क्या इसका मतलब यह है कि आँत के जीवाणु हमारे भोजन से पोषक तत्व हासिल करने के लिए हमारे साथ सक्रिय रूप से होड़ करते हैं? बात इससे उलटी है, क्योंकि सामान्य और कीटाणु रहित चूहों के पोषण की ऊर्जा को ग्रहण करने की तुलना करने पर पाया गया कि सामान्य चूहों को अपने शरीर का वजन बनाए रखने के लिए 30 प्रतिशत कम कैलोरियों की आवश्यकता होती है। यह दर्शाता है कि आँत के जीवाणु उपलब्ध पोषक पदार्थों में से पोषण मूल्य को निकालने में हमारी मदद करते हैं।

कई अध्ययन आँत के माइक्रोबायोटा का सम्बन्ध मोटापे और कुपोषण से जोड़ते हैं। इनमें से एक अध्ययन में, कीटाणु रहित चूहों का वजन तब बढ़ गया जब उनमें एक मोटे व्यक्ति की आँत के जीवाणुओं को प्रतिरोपित कर दिया गया, लेकिन तब नहीं बढ़ा जब उनमें एक दुबले-पतले व्यक्ति की आँत के जीवाणुओं को प्रविष्ट कराया गया। एक दुबले-पतले व्यक्ति की आँत के माइक्रोबायोटा के द्वारा मोटे चूहों के माइक्रोबायोटा को हटाकर उसकी जगह लेना भी सम्भव था। जब तक उन्हें स्वस्थ आहार प्रदान किया जाता रहा, तब तक यह प्रतिरोपण मोटे चूहों के वजन को बढ़ने से रोक सका। एक अन्य अध्ययन में, मलावी - जो चारों तरफ दूसरे देशों की जमीन से घिरा हुआ दक्षिण-पूर्वी अफ्रीका का एक ऐसा देश है जिसकी शिशु मृत्यु दर संसार में सबसे अधिक दरों में शुमार होती है - में जुड़वाँ शिशुओं के मल के नमूने लम्बे समय तक इकट्ठे किए गए। इस अध्ययन के 2013 में प्रकाशित परिणामों ने दर्शाया कि अत्यधिक कुपोषण के एक रूप, जो क्वाशिओरकर कहलाता है, से पीड़ित बच्चों की आँत का माइक्रोबायोटा उसी आयु-समूह के अप्रभावित सामान्य बच्चों की आँत के माइक्रोबायोटा से बहुत भिन्न था। जब कुपोषित बच्चों के माइक्रोबायोटा को ऐसे ग्नोटोबायोटिक चूहों में प्रतिरोपित किया गया जिन्हें मलावी के आहार खिलाए गए, तो उनका वजन कम हो गया और उन्होंने बदले हुए अमीनो अम्ल और कार्बोहाइड्रेट मेटाबोलिज्म दर्शाए। उसी समूह के द्वारा बांग्लादेश में किए गए एक ऐसे ही अध्ययन ने दर्शाया कि कुपोषित व्यक्तियों की आँत के माइक्रोबायोटा आम तौर पर काफी कम उम्र के, या 'अपरिपक्व' व्यक्तियों के जैसे थे। उपचारात्मक भोजन दिए जाने के द्वारा कुपोषण के लक्षण कुछ



चित्र 1 : *ई. कोलाई* के एक झुण्ड का 10,000 गुना आवर्धित इलेक्ट्रॉन माइक्रोग्राफ।
Photo by Eric Erbe, digital colorization by Christopher Pooley, both of USDA, ARS, EMU, Wikimedia Commons. License: Public Domain. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:E_coli_at_10000x,_original.jpg

हद तक घटाए जा सके, और कुपोषित व्यक्तियों की आँत के माइक्रोबायोटा में अस्थाई रूप से परिपक्वता दिखाई दी, पर जल्दी ही वे वापिस अपनी पहले की 'कुपोषित' हालत में चले गए। क्या उपचारात्मक भोजन के परिणामस्वरूप आँत के माइक्रोबायोटा में ज्यादा स्थाई परिपक्वता हासिल हो सकती है, इसकी खोजबीन करने के अध्ययन वर्तमान में चल रहे हैं।

ऐसे आहारों के चलते जिनमें कार्बोहाइड्रेटों की प्रधानता रहती हैं, मनुष्य डाईसैकेराइड्स को पचाने, और उसके परिणामस्वरूप पैदा होने वाले मोनोसैकेराइड्स को अवशोषित करने के लिए अच्छी तरह समर्थ होते हैं। लेकिन अन्य जटिल पोलीसैकेराइड्स - विशेष रूप से पौधों से प्राप्त होने वाले जैसे कि सैल्यूलोज, जाईलान और पैक्टिन - को पानी के साथ अपघटित करने (हाइड्रोलाइज करने) और इस तरह इनका उपयोग करने की हमारी क्षमता सीमित होती है। ये कार्बोहाइड्रेड कुछ एनोरोबिक कीटाणु द्वारा पचाए जा सकते हैं जो हमारे डिस्टल कोलोन में रहते हैं। जटिल पोलीसैकेराइड्स को अपघटित करने के लिए जरूरी खास एंजाइमों से लैस होने की वजह से, ये जीवाणु आहार में शामिल बिना पचे हुए कार्बोहाइड्रेटों को छोटी शृंखलाओं वाले वसा अम्लों में तोड़ देते हैं जिन्हें फिर हमारे शरीर के विभिन्न अंगों द्वारा उपयोग किया जा सकता है। इस प्रकार, यह कमेंसलिज्म या हमारे 'साथ भोजन करने' की यह प्रक्रिया आँत के जीवाणु समुदाय को हमसे ऊर्जा प्राप्त करने में मदद करता है, जबकि हमें इस पारस्परिक सम्बन्ध से उन कार्बोहाइड्रेटों का उपयोग करने का लाभ मिलता है जो अन्यथा अपचनीय रहते।

बीमारी की अवस्थाएँ तथा माइक्रोबायोटा

जहाँ अनेक अध्ययनों ने यह दर्शाया है कि किसी नवजात शिशु का रोगरोधी तंत्र उसकी आँत के जीवाणु समुदाय के साथ-साथ विकसित होता है। वहीं आँत के माइक्रोबायोटा आहार के लिपिड्स को हानिकारक मेटाबोलाइट्स (चयापचय प्रक्रिया में शामिल पदार्थ) में तोड़कर कुछ बीमारियों, जैसे कि एथीरोस्लेरोसिस (या धमनियों का कड़क हो जाना) में भी सहयोग दे सकते हैं। इसी प्रकार आँत के जीवाणु आहार के एक अन्य घटक कोलीन को तोड़कर ट्राईमीथाइलामीन आक्साइड उत्पादित करते हुए देखे गए हैं, जो कि एक ऐसा छोटा अणु है जिसका मनुष्यों में होने वाली कोरोनरी वास्कुलर बीमारी से प्रबल सम्बन्ध होता है।

इसके प्रमाण मौजूद हैं कि आँत के माइक्रोबायोटा लिवर की कई प्रकार की बीमारियों में भी योगदान देते हैं, जिनमें गैर-अल्कोहालिक फैटी लिवर रोग, अल्कोहालिक और आटो इम्यून लिवर के रोग शामिल हैं। आँत के परिवर्तित माइक्रोबायोटा और बीमारी की अवस्थाओं में इसी प्रकार के सम्बन्ध आँत की सूजन वाले (इन्फ्लेमेटरी बाउल) रोग, मधुमेह तथा कोलोन के कैंसर में भी पाए जाते हैं। जिन क्रियाविधियों के द्वारा आँत के जीवाणु इन विभिन्न बीमारियों का कारण बनते हैं, उनकी जाँच-पड़ताल अभी भी की जा रही है।

इलाज के लिए माइक्रोबायोटा का उपयोग करना - मल के जीवाणुओं का प्रतिरोपण

जहाँ एक ओर आँत के जीवाणु मेजबान को होने वाली कई बीमारियों में सहयोग देते हैं, वहीं दूसरी ओर वे कुछ रोगों का इलाज करने के लिए भी इस्तेमाल किए जा सकते हैं।

कलोस्ट्रोडियम डिफीसाइल एक ऐसा एनोरोबिक बैक्टीरियम है जो आम तौर पर आँत में पाया जाता है। परन्तु, एंटीबायोटिक्स के उपयोग या अस्पतालों में भर्ती मरीजों की बड़ी आँत (लार्ज बाउल) की बहुत सूजन के परिणामस्वरूप *सी. डिफीसाइल* की अत्यधिक वृद्धि हो जाती है। इसके कारण अत्यधिक दस्त (दिन में 15 बार तक), लगने लग सकते हैं, पेट का दर्द, वजन में कमी, बुखार हो सकता है, और यहाँ तक कि यह घातक भी हो सकता है। जब एंटीबायोटिक्स से इसका इलाज शुरुआत में सफल भी होता है, तब भी इस बीमारी का संक्रमण फिर से हो सकता है। माना जाता है कि इसका कारण विषैले पदार्थ पैदा करने वाले *सी. डिफीसाइल* की वृद्धि को रोक पाने में आँत के माइक्रोबायोटा की असमर्थता होती है।

हाल ही में, इस बार-बार होने वाली बीमारी की हालत का इलाज करने के लिए मल के माइक्रोबायोटा के प्रतिरोपण (Faecal Microbiota Transplant -FMT) की विधि का उपयोग किया जाना प्रारम्भ हुआ है, जिसमें कुछ सफलता मिली है। एफएमटी एक ऐसी कार्यविधि है जिसमें एक परीक्षण किए गए दाता व्यक्ति के मल के पदार्थ को लिया जाता है, फिर उसे



चित्र 2 : मल के एक नमूने से प्राप्त क्लोस्ट्रीडियम डिफीसाइल का स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोग्राफ। Source: CDC/ Lois S. Wiggs (PHIL #6260), 2004, Obtained from the CDC Public Health Image Library, Wikimedia Commons. License: Public Domain. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Clostridium#/media/File:Clostridium_difficile_01.jpg

सैलाइन घोल के साथ मिश्रित करके ऐनीमा या ऐण्डोस्कोपी के द्वारा मरीज की आँत में प्रतिरोपित कर दिया जाता है। अन्य पाचन-सम्बन्धी या ऑटो-इम्यून बीमारियों, जिनमें इरिटेबिल बाउल सिण्ड्रोम तथा सूजन वाली आँत की बीमारियाँ शामिल हैं, में भी मलीय प्रतिरोपण के अच्छे परिणाम मिले हैं।

निष्कर्ष

पिछले एक दशक में, मनुष्य के माइक्रोबायोटा में वैज्ञानिकों की उत्तरोत्तर ज्यादा दिलचस्पी बढ़ी है, तथा ज्यादा विस्तृत अध्ययनों को सम्भव बनाने के लिए अब नई विधियाँ और उपकरण विकसित किए जा रहे हैं। इस दिलचस्पी का एक महत्त्वपूर्ण कारण इस बात को स्वीकार किया जाना है कि मनुष्य के माइक्रोबायोटा में निहित सहभोजी सूक्ष्मजीव (commensal microorganisms) की भूमिका मेजबान के भीतर मौजूद सिर्फ सहयात्रियों से कहीं ज्यादा होती है और वे वास्तव में मेजबान के कुछ अति महत्त्वपूर्ण कार्यों को नियंत्रित कर सकते हैं। विशेष रोगों की अवस्थाओं में आँत के माइक्रोबायोटा के योगदान की बेहतर समझ बनने के फलस्वरूप बीमारियों की रोकथाम करने या उनका इलाज करने के उद्देश्य से इन जीवाणुओं को कम या ज्यादा करने के लिए नई रणनीतियाँ या दवाएँ विकसित करना सम्भव हो सकता है।



References

1. Arumugam M, Raes J, Pelletier E et al. Enterotypes of the human gut microbiome. Nature 201; 473(7346):174-80.
2. Riduaura VK, Faith JJ, Rey FE et al. Gut microbiota from twins discordant for obesity modulate metabolism in mice. Science 2013;341(6150):1241214
3. Biteen JS, Blainey PC, Cardon ZG et al, Tools for the microbiome: Nano and beyond. ACS Nano. 2015 Dec 22. [Epub ahead of print]
4. De Filippo c, Cavalieri D, Di Paola M et al. Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. Proc Natl Acad Sci U S A. 2010; 107(33):14691-6.
5. Hehemann JH, Correc G, Barbeyron T, Helbert W, Czjzek M, Michel G. Transfer of carbohydrate-active enzymes from marine bacteria to Japanese gut microbiota. Nature. 2010;464(7290):908-12
6.
7. Smith MI, Yatsunenko T, Manary MJ et al. Gut microbiomes of Malawian twin pairs discordant for kwashiorkor. Science. 2013; 339(6119):548-54.
8. Ierardi E, Sorrentino C, Principi M, Giorgio F, Losurdo G, Di Leo A. Intestinal microbial metabolism of phosphatidylcholine: a novel insight in the cardiovascular risk scenario. Hepatobiliary Surg Nutr. 2015; 4(4):289-92.
9. Kelly CR, Kahn S, Kashyap P et al. Update on fecal microbiota transplantation 2015: Indications, methodologies, mechanisms and outlook. Gastroenterology. 2015; 149(1):223-37.

गगनदीप कांग क्रिश्चियन मेडिकल कालेज, वेल्लोर में प्रोफेसर हैं। वे आँतों के संक्रमणों (एंटेरिक इंफेक्शंस) का 20 वर्षों से भी अधिक समय से अध्ययन करती रही हैं, और वे पाती हैं कि अभी भी बहुत कुछ जानना बाकी है। वे वैक्सीनों, विशेष रूप से जो मुँह से दी जाती हैं, पर तथा वैक्सीन नीति और जन स्वास्थ्य के क्षेत्रों में भी काम करती हैं। **अनुवाद :** सत्येन्द्र त्रिपाठी

जीवन के इतिहास को पुनर्निर्मित करना - एक आनुवांशिक दृष्टिकोण

कृष्णप्रिया तम्मा

संसार में 7 अरब लोग, 100 खरब से भी अधिक चीटियाँ और एक अरब से भी अधिक मधुमक्खियाँ हैं। यह समस्त विविधता कहाँ से आई? हम कैसे विकसित हुए - मनुष्य की कहानी क्या है? इस लेख में लेखिका ने उन तरीकों में से कुछ की छानबीन की है जिनसे हमने इन सवालों के उत्तर देने का प्रयास किया है।

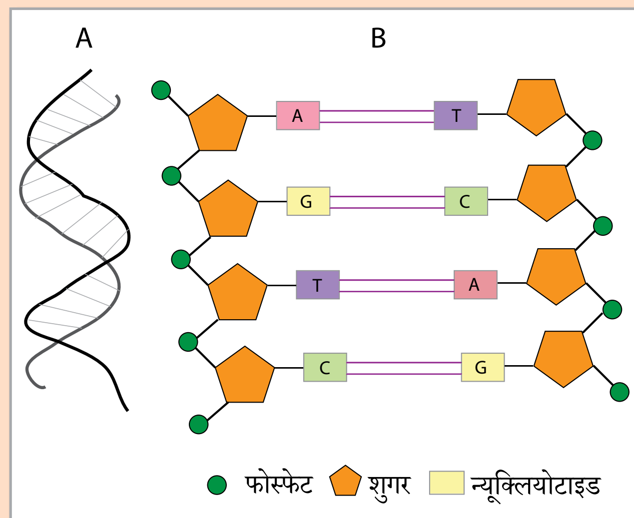
मनुष्य सदा से ही पृथ्वी पर जीवन के मूल स्रोतों के बारे में जानने के लिए उत्सुक रहे हैं। मनुष्य के इतिहास के लम्बे दौर में इसके अनेक सिद्धान्त और व्याख्याएँ प्रस्तुत की गई हैं। जब डारविन और वालेस ने प्राकृतिक चुनाव के द्वारा विकास का सिद्धान्त सबसे पहले प्रस्तुत किया, तो उसके परिणामस्वरूप बहुत विवाद हुआ। परन्तु, आज इस सिद्धान्त के पक्ष में निर्विवादित प्रमाण हैं। डारविन के अनुसार, विकास की प्रक्रिया 'संशोधन के साथ अवतरण (डिसेंट विद मोडिफिकेशन)' के माध्यम से आगे बढ़ी, जो सरल शब्दों में प्रवृत्तियों को माता-पिता से सन्तानों को हस्तान्तरित किए जाने को दर्शाती है, परन्तु यह प्रक्रिया थोड़े त्रुटिपूर्ण ढंग से होती है। हालाँकि सन्तानें बहुत हद तक अपने माता-पिता से मिलती-जुलती हैं, पर वे उनसे कुछ भिन्नताएँ भी दर्शा सकती हैं। समय बीतने के साथ, इन भिन्नताओं को चुना जा सकता है और उसका परिणाम ऐसा विचलन हो सकता है जो एक नई प्रजाति के निर्मित होने के लिए पर्याप्त रूप से शक्तिशाली हो। यह नई प्रजाति अभी भी पुरानी से सम्बन्धित रहती है, क्योंकि यह उसी से निकली होती है। जैसे मेरे चचेरे या ममेरे भाई-बहिनों (कजिन) का दादा या नाना के रूप में एक साझा पूर्वज होता है, उसी तरह प्रजातियों के भी दूसरी प्रजातियों के साथ साझा पूर्वज होते हैं। यदि हम समय में पर्याप्त रूप से पीछे जाएँ (लगभग 3.8 अरब वर्ष पहले), तो हम वास्तव में पृथ्वी पर समस्त जीवन के आदि पूर्वज का पता लगा सकते हैं। इसलिए, हम प्रजातियों के बीच में सम्बन्धों को सावधानी पूर्वक फिर से निर्मित करने के द्वारा पृथ्वी पर जीवन के इतिहास को पुनर्निर्मित कर सकते हैं।

फाइलोजेनिटिक्स जीवविज्ञान का वह क्षेत्र है जो विभिन्न प्रजातियों के बीच के सम्बन्धों को पुनर्निर्मित करने और वंशावलियों के विकासात्मक इतिहास को पुनर्निर्मित करने पर केन्द्रित है। आकृतिविज्ञान सम्बन्धी (morphological) या आनुवांशिकी सम्बन्धी जानकारियों का इस्तेमाल करते हुए ऐसे प्रजातियों के आनुवांशिकी वृक्ष (phylogenetic trees) या फाइलोजीनीज (**चित्र 1** को देखें)

को पुनर्निर्मित किया जा सकता है। लेकिन, आनुवांशिकी विज्ञान के क्षेत्र में हुई प्रगतियों की बदौलत, आनुवांशिकी सम्बन्धी जानकारियों या डी.एन.ए आधारित जानकारी ने हमें सम्बन्धों, यहाँ तक कि बहुत घनिष्ठ रूप से जुड़ी हुई और आकृतिविज्ञान की दृष्टि से बहुत मिलती-जुलती प्रजातियों के बीच में सम्बन्धों, को पुनर्निर्मित करने की और भी अधिक शक्ति प्रदान की है।

यह कैसे किया जाता है? हम किन्ही भी दो जीवरूपों के वंशाणुओं के समूह में न्यूक्लियोटाइड्स के क्रम की तुलना करके (वे वंशाणु के समूह जिन दो प्रजातियों के हैं) उन दोनों प्रजातियों के अन्दर और उनके बीच में हुए आनुवांशिक परिवर्तन की गणना कर सकते हैं। यह परिवर्तन उनके बीच की आनुवांशिक दूरी के रूप में नापा जाता है, और यह उन बेसेस की संख्या (ए, टी, जी तथा सी) को निरूपित करता है जो उन दो जीवरूपों या प्रजातियों में समान (और असमान) हैं। विशेष कम्प्यूटर प्रोग्रामों के माध्यम से, इन आनुवांशिक दूरियों को सम्बन्धों का एक फाइलोजेनेटिक ट्री निर्मित करने के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है। सामान्य रूप से, दो टैक्सा (विशेष सम्बन्ध रखने वाले जीव समूह) के बीच की आनुवांशिक दूरी उनके बीच के सम्बन्ध के स्तर (डिग्री) से विपरीत अनुपात में होती है। इस तरह, घनिष्ठ रूप से सम्बन्धित टैक्सा के बीच की आनुवांशिक दूरी का मान कम होता है और

किसी जीवरूप के **वंशाणुओं का समूह (जीनोम)** उसके डी.एन.ए. का सम्पूर्ण समूह होता है। किसी जीवरूप के पूरे वंशाणुओं के समूह - जो मनुष्यों में डी.एन.ए. के तीन अरब आधार यौगिक जोड़ों (बेस पेयर्स) का होता है - की एक प्रतिलिपि उसके प्रत्येक कोशाणु (सैल) में पाई जाती है। वंशाणुओं के समूह की प्रत्येक प्रतिलिपि में उस पूरे जीवरूप को निर्मित करने और बनाए रखने के लिए जरूरी समस्त जानकारियाँ निहित रहती हैं।



चित्र 1 : डी.एन.ए की संरचना।

डी.एन.ए, अर्थात जीवन का आधार-नक्शा (ब्लूप्रिंट), दो लड़ियों वाला (डबल स्ट्रेंडेड) होता है। डिऑक्सीरिबोन्यूकलिक एसिड एक ऐसा अणु है जो सभी ज्ञात सजीव प्राणियों तथा अनेक वायरसों की वृद्धि, विकास, कार्य करने और पुनुरुत्पादन या प्रजनन के लिए आवश्यक आनुवांशिक निर्देशों का वाहक होता है। अधिकांश डी.एन.ए. अणु दो असमानान्तर बायोपोलीमर लड़ियों (स्ट्रेंड्स) से मिलकर बने होते हैं जो एक-दूसरे पर इस तरह से लिपटी रहती हैं कि वे एक दोहरी कुण्डली (डबल हीलिक्स) बनाती हैं। डी.एन.ए की दोनों लड़ियों में से प्रत्येक एक पोलीन्यूक्लियोटाइड, या न्यूक्लियोटाइडों का एक पोलीमर होती है, काफी कुछ वैसे ही जैसे प्रोटीन अमीनो अम्लों के पोलीमर होते हैं। प्रत्येक न्यूक्लियोटाइड एक फोस्फेट समूह, डिऑक्सीरिबोज कहलाने वाली एक शुगर, तथा नाइट्रोजन रखने वाले चार न्यूक्लियोबेसेस - साइटोसिन (सी), गुआनिन (जी), एडिनाइन (ए) , या थाइमिन (टी) - में से एक से मिलकर बनता है। किसी डी.एन.ए अणु के भीतर ये जिस क्रम में प्रकट होते हैं वही प्रोटीनों में अमीनो अम्लों के क्रम को निर्धारित करता है। **बेस पेयर्स** निर्मित करने के लिए एक लड़ी के न्यूक्लियोबेसेस दूसरी लड़ी की तदनुरूप स्थितियों पर मौजूद बेसेस के साथ जोड़े बनाते हैं।

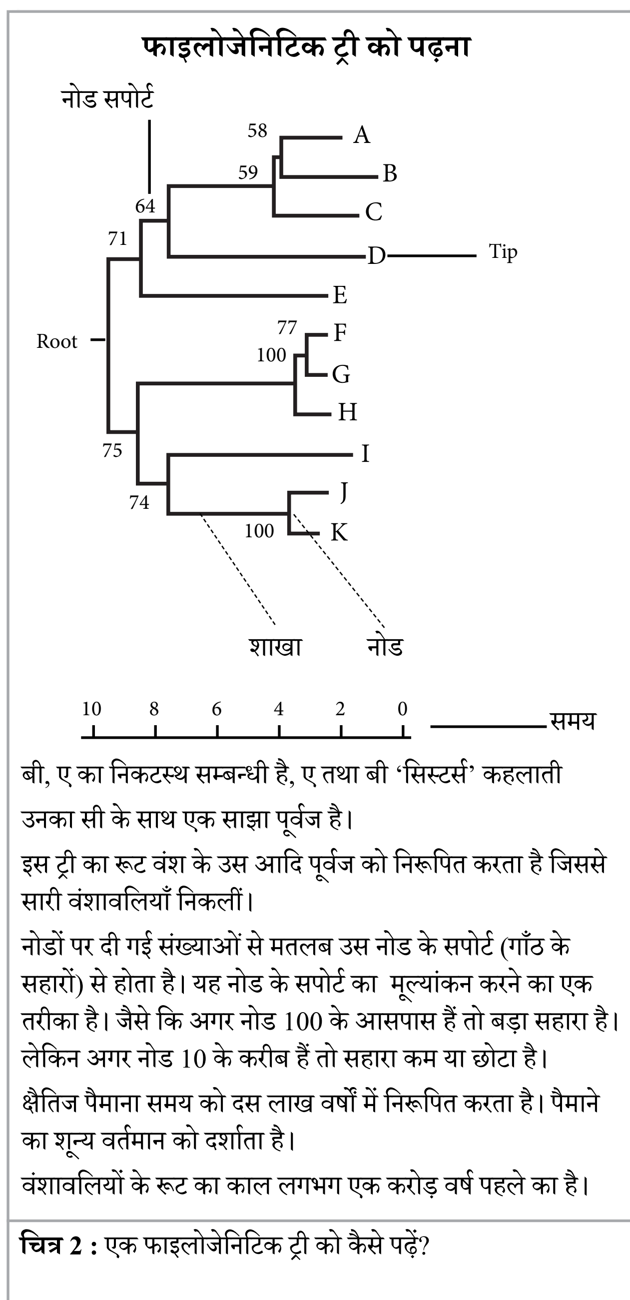
किसी डी.एन.ए में एक **बेस पेयर** दो प्रकार का होता है : ए-टी या सी-जी। किसी **बेस पेयर** में मौजूद न्यूक्लियोटाइड एक-दूसरे के पूरक होते हैं जिसका मतलब है कि उनकी आकृति उन्हें हाइड्रोजन बन्धों के साथ बन्ध बनाने की सुविधा देती है।

एक **वंशाणु (जीन)** डी.एन.ए. का एक ऐसा पथ (या क्षेत्र) होता है जो एक कार्यकारी आर.एन.ए या प्रोटीन उत्पाद को कूट संकेतों में निहित रखता (एनकोड करता) है, और वही आनुवांशिकता की आणविक इकाई होता है। किसी जीवरूप की सन्तानों को **वंशाणुओं** का प्रसारण ही फेनोटाइपिक ट्रेट्स (विशेषताओं) को उत्तराधिकार में पाने का आधार होता है।

दूर के सम्बन्धित टैक्सा के बीच की दूरी का मान अधिक होता है। इस जानकारी का उपयोग न केवल भिन्न-भिन्न प्रजातियों के बीच के सम्बन्धों को निर्मित करने के लिए किया जा सकता है, बल्कि यह समझने के लिए भी किया जा सकता है कि प्रजातियों की भिन्न-भिन्न आबादियाँ एक-दूसरे से किस तरह से सम्बन्धित हैं। क्या यह हमें मनुष्यों के विकास के बारे में कुछ बता सकता है?

एक फाइलोजेनेटिक ट्री को कैसे पढ़ें?

एक फाइलोजेनेटिक ट्री टैक्सा के बीच के सम्बन्ध का रेखाचित्र के रूप में निरूपण होता है (**चित्र 2**)। जिन प्रजातियों में नजदीकी सम्बन्ध होता है, वे ऐसे ट्री पर एक-दूसरे के ज्यादा नजदीक होती हैं, और वे आपस में कम शाखाओं द्वारा जुड़ी रहती हैं। हम इसे बेहतर ढंग से समझने के लिए एक फाइलोजेनेटिक ट्री को उसके हिस्सों में तोड़ करके देखें। जो पहली चीज हमारे ध्यान में आती है, वह इस फाइलोजेनेटिक ट्री की समग्र आकृति है - उस ट्री की शाखाओं की समग्र संरचना (पैटर्न) को उसकी 'टोपोलोजी' कहा जाता है। ट्री के आधार पर उसका 'मूल (रूट)' होता है। इस ट्री का रूट बनने के लिए एक बाह्य समूह (आउट-ग्रुप), अर्थात ऐसा समूह जो उस वंशावली के भीतर नहीं होता जिसकी पड़ताल की जा रही है, जरूरी होता है। यह बाह्य समूह एक ऐसा सन्दर्भ बिन्दु प्रदान करता है जो कि 'आन्तरिक समूह (इनग्रुप)' की प्रजातियों (जिनमें हमारी दिलचस्पी है) के बीच के सम्बन्धों को बेहतर ढंग से स्पष्ट करने में मदद कर सकता है। इस पेड़ के 'सिरों (टिप्स)' का आशय उन प्रजातियों से होता है जिनकी तुलना की जा रही हो, और वे अन्य सिरों से 'शाखाओं (ब्रांचेस)' के द्वारा जुड़ी रहती हैं। 'आन्तरिक गाँठों (इंटरनल नोड्स)' का आशय वे पूर्वज होते हैं जिनसे दो या अधिक वंशज प्रजातियाँ अलग-अलग दिशाओं में जाती हैं। ये गाँठे वे बिन्दु निरूपित करती हैं जहाँ दो प्रजातियों का कोई हाल का साझा पूर्वज था। उस पूर्वज से, दो नई प्रजातियाँ (या आम तौर पर वंशावलियाँ) पैदा होती हैं। इस प्रकार, गाँठे भी प्रजाति के विकास की अनुमानित घटनाओं को निरूपित करती हैं। जिन टैक्सा (सिरों) का कोई साझा पूर्वज होता है, वे एक-दूसरे की 'सिस्टर (बहिन)' कहलाती हैं।



चित्र 2 : एक फाइलोजेनिटिक ट्री को कैसे पढ़ें?

उदाहरण के लिए, एक सामान्य देखने वाले को, हमारे वानर रिश्तेदार (प्राइमेट कजिंस) बोनोबो तथा चिम्पांजी, बहुत एक-से दिखते हैं। परन्तु, आनुवांशिक रूप से वे बहुत अलग-अलग हैं। एप (वानर) ट्री में (**चित्र 3**) मनुष्य, चिम्पांजी, बोनोबो, गोरिल्ला तथा ओरेंगउटांग सिरों को निरूपित करते हैं। सभी एपों का एक साझा पूर्वज था जिसने कि अन्य प्राइमेटों से अलग दिशा बदली होगी। जहाँ चिम्पांजी और बोनोबो एक-दूसरे की सिस्टर्स हैं, मनुष्यों का भी उन दोनों के साथ एक साझा पूर्वज है। तो इस तरह से हम प्राइमेटों से सम्बन्धित हैं! मनुष्यों तथा प्राइमेटों के बीच का यह साझा पूर्वज कितने समय पहले अस्तित्व में था?

'जीवन के वृक्ष (ट्री ऑफ लाइफ)' पर उम्र का पता लगाना

एक फाइलोजेनेटिक ट्री न केवल हमें भिन्न-भिन्न टैक्सा के बीच के सम्बन्धों को पुनर्निर्मित करने की सुविधा देता है, बल्कि यह हमें, 'दिशा बदलने के समय का निर्धारण

(divergence dating)' कहलाने वाली एक विधि के माध्यम से कुछ विकासात्मक घटनाओं के घटित होने के समय का अनुमान लगाने की सुविधा भी देता है। दिशा बदलने के समय के निर्धारण की विधि एक आणविक घड़ी की अवधारणा (मालीक्यूलर क्लॉक हाइपोथेसिस) पर आधारित है जो यह सुझाती है कि समय के बीतने के साथ आनुवांशिक परिवर्तनों (म्यूटेशनों) का संचय किसी समान गति से होता है। दो प्रजातियों के वंशाणु समूहों के बीच बेस के अन्तरों की संख्या की गणना करने के द्वारा, हम जिस गति से ये अन्तर संचित हुए है उसके अपने ज्ञान का उपयोग उस समय का अनुमान लगाने के लिए कर सकते हैं जब वे दो वंशावलियाँ विभाजित होकर अलग-अलग हुईं। हालाँकि ऐसी कोई एक निर्धारित गति नहीं है जिस पर आनुवांशिक क्रम विकसित होते हैं, पर हम एक सांख्यिकीय वितरण (कह सकते हैं कि एक सामान्य वितरण) की तरह से उस गति का प्रतिरूप बना सकते हैं और दिशा बदलने के समय का अनुमान लगा सकते हैं [जीवन वृक्ष के पैमाने को निर्धारित करने (कैलीब्रेट) के लिए अक्सर जीवाश्मों का उपयोग किया जाता है क्योंकि वे एक क्लेड (पूर्वज + वंशज = क्लेड या वंश) के लिए एक स्वतंत्र सन्दर्भ आयु प्रदान करते हैं]।

दिशा बदलने के समय का निर्धारण करने के एक उदाहरण को प्राइमेट ट्री (**चित्र 3**) में देखा जा सकता है जो हमें दर्शाता है कि चिम्पांजी तथा मनुष्य लगभग 40-50 लाख साल पहले विभाजित होकर अलग-अलग हुए। इसका मतलब है कि ज्यादा सम्भावना इस बात की है कि मानव वंशावली, जिसमें से एकमात्र बची हुई प्रजाति *होमो सेपियंस* (भाषाई क्षमता वाला मानव वंश), लगभग 50 लाख साल पहले विकसित हुई होगी। जीवाश्म रिकार्ड भी इसकी पुष्टि करते हैं। वे भी हमें दर्शाते हैं कि हालाँकि *होमो* (मानव) की अनेक प्रजातियाँ 50 लाख साल पहले और अभी के बीच में विकसित हुईं, जिनमें *होमो निएण्डरथालेंसिस* भी शामिल थे, पर *होमो सेपियंस* को छोड़कर वे सभी विलुप्त हो गई हैं।

हमने प्राइमेटों के नक्शे के साथ जो किया है उसके दायरे को यदि हम विस्तृत कर पाते और समयों के निर्धारण को समाहित करते हुए एक ऐसा ट्री निर्मित कर पाते जो दिखाता कि किस तरह पृथ्वी पर ज्ञात समस्त प्रजातियाँ एक-दूसरे से जुड़ी हुई हैं तब क्या होता? आणविक जानकारियों की सहायता से, और सबसे अत्याधुनिक आनुवांशिक और गणनात्मक विधियों का उपयोग करते हुए, ठीक यही करना जीवन का वृक्ष कहलाने वाली एक परियोजना का लक्ष्य है। दिलचस्प बात यह है कि डारविन और बाद के विकासात्मक जीव वैज्ञानिकों ने सम्बन्धों को एक 'जीवन के वृक्ष' के रूप में देखा। किन्तु, क्षैतिज वंशाणु हस्तान्तरणों - जिनमें लम्बे समय पहले दिशाएँ बदली हुई प्रजातियों के बीच में आनुवांशिक सामग्री का लेन-देन निहित होता है - की हमारी समझ में हुई हाल की प्रगतियों ने इस बात की अधिकाधिक सम्भावना दर्शाई है कि समस्त जीवनरूप जीवन के संजाल (वैब ऑफ लाइफ) के विभिन्न परिदृश्यों के माध्यम से वास्तव में एक-दूसरे से सम्बन्धित हो सकते हैं। प्रोकार्योट्स (एक कोशिका वाले जीवरूप) के बारे में यह विशेष रूप से सत्य है।

क्या जीवन के वृक्ष को पूरा करने के लिए हमारे पास वे सभी जानकारियाँ हैं जिनकी हमें जरूरत है? हालाँकि पहले के किसी भी समय की अपेक्षा आज हमारे पास अनेक अन्य प्रजातियों

वंशावली (लीनिएज) : वंशावली को वंशजों की किसी भी निरन्तर धारा की तरह परिभाषित किया जाता है, अर्थात जीवरूपों की कोई भी ऐसी शृंखला जो माता-पिता के द्वारा किए गए सन्तानों के प्रजनन के माध्यम से जुड़ी हुई हो।

जीव प्रजाति का विकास (स्पीशिएशन) : स्पीशिएशन उस विकासात्मक प्रक्रिया को वर्णित करता है जिसके द्वारा आबादियाँ प्रजनन की प्रक्रिया द्वारा अलग-थलग होती जाती हैं, और इसके परिणामस्वरूप अन्ततः दो अलग-अलग प्रजातियाँ निर्मित हो जाती हैं। प्रजातियाँ अक्सर किसी साझा पूर्वज से दिशाएँ बदलकर अलग होती हैं। जब वे दिशाएँ बदलती हैं तो वे आनुवांशिक परिवर्तनों को संचित करती हैं, और अन्ततः अलग-थलग हो जाती हैं - अर्थात दो समूहों के सदस्य आपस में सफलता पूर्वक प्रजनन नहीं कर सकते। प्रजननात्मक रूप से एक-दूसरे से कट जाना, स्पीशिएशन के लिए एक आवश्यक शर्त मानी जाती है।

आनुवांशिक परिवर्तन (म्यूटेशन) : प्रत्येक बार जब एक कोशाणु अपनी प्रतिलिपि बनाता है, तब उसके सम्पूर्ण वंशाणु समूह की हूबहू नकल हो जाती है। कुछ मामलों में, नकल करने में कुछ त्रुटियाँ हो जाती हैं जिनके परिणामस्वरूप प्रतिलिपियों में त्रुटिपूर्ण न्यूक्लियोटाइड्स डाल दिए जाते हैं। वंशाणु समूह में होने वाले ऐसे परिवर्तनों को आनुवांशिक परिवर्तन कहा जाता है। आनुवांशिक परिवर्तन अक्सर उस अमीनो अम्ल को बदल सकते हैं जिसके लिए वे कूटलेखन (एनकोड) करते हैं, और इसके परिणामस्वरूप प्रोटीनों में परिवर्तित हो जाते हैं।

शरीर संरचना की दृष्टि से (मोरफोलोजिकली) चिम्पांजी और बोनोबो में भेद नहीं कर सकते, वे बहुत एक समान होते हैं।





चिम्पांजी (फोटो : थॉमस लेर्शक) बोनोबो (चित्र : यूएसएआईडी) छवियाँ विकीमीडिया कॉमन्स से।

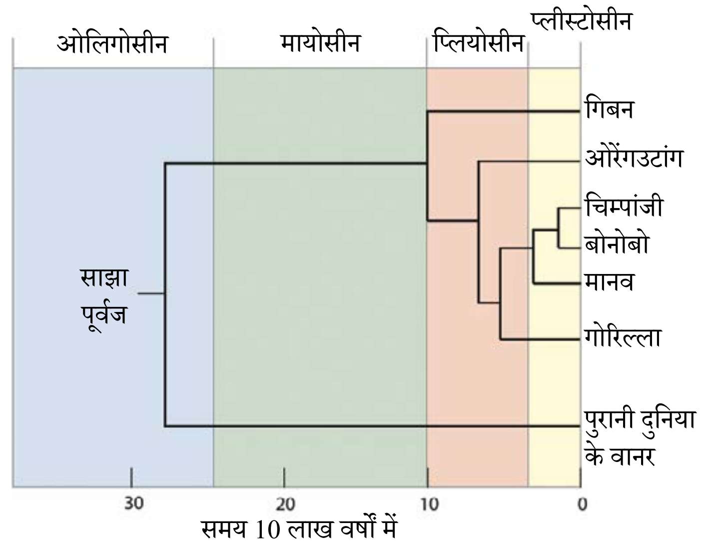
आनुवांशिक दृष्टि से उनमें अन्तर किया जा सकता है।

			*		*								*	*	*		
चिम्प	C	A	T	G	T	T	C	G	A	T	C	T	A	C	A	C	A
बोनोबो	C	A	T	G	T	T	C	G	A	T	C	T	A	C	G	C	A
गोरिल्ला	C	A	G	G	T	T	C	G	A	T	C	T	A	T	G	C	A
मनुष्य	C	A	G	G	A	T	C	G	A	T	C	T	G	T	C	C	A

*क्रमों के बीच में अन्तर दर्शाता है।

प्राइमेट्स का फाइलोजेनिटिक ट्री।

यह ट्री टैक्सा और वंशावलियों के बीच में दिशा बदलने की हुई घटनाओं के बीच के सम्बन्धों को निरूपित करता है।



चित्र 3 : हम प्राइमेटों के बीच में सम्बन्धों को किस प्रकार पुनर्निर्मित करते हैं?

के बारे में जानकारियाँ हैं, परन्तु हमें अभी भी ऐसी बहुत-सी नई प्रजातियों का पता चल रहा है जिनके बारे में हमें पहले कोई ज्ञान नहीं था। जिन प्रजातियों को हम जानते हैं उनमें भी बहुत-सी उष्णकटिबन्धों की हैं जिनके लिए हमारे पास कोई आनुवांशिक जानकारियाँ नहीं हैं।

हम जीवन के वृक्ष से क्या सीख सकते हैं? हो सकता है कि जीवन का वृक्ष त्रुटिपूर्ण हो, पर फिर भी उसके विस्तृत दायरे में हुए वंशावलियों के वितरण में हमें चौंकाने वाले अन्तर दिखाई दे सकते हैं। कुछ क्लेडों में वंशावलियों की अधिक विविधता है, जबकि हो सकता है कि कुछ अन्य क्लेडों का प्रतिनिधित्व केवल एक-एक प्रजाति ही करती हो। प्रजाति सम्पन्नता में इन अन्तरों का कारण अन्तर्निहित (जैविक) तथा बाह्य (ऐतिहासिक प्रभाव), दोनों ही हो सकते हैं। उदाहरण के लिए, छोटी

क्लेड : इसकी उत्पत्ति ग्रीक शब्द "क्लाडोस" से हुई जिसका अर्थ शाखा या टहनी होता है। क्लेड एक मोनोफाइलेटिक टैक्सोन अर्थात जीवरूपों का ऐसा समूह होता है जिसमें उसके सभी सदस्यों का सबसे हाल का साझा पूर्वज और उसके सभी वंशज शामिल रहते हैं।

प्रोकार्योट्स : एक कोशाणु वाले जीवरूप जिनमें नाभिक (न्यूक्लियस) तथा झिल्ली से बँधे अन्य कोशाणुओं के अंग (ओर्गेनेलेज) नहीं होते।

स्तनपायी वंशावलियाँ - जिनमें रोडेंट (कुतरने वाले चूहे, मूस, आदि) तथा काईरोप्टेरा (चमगादड़) शामिल हैं - सबसे समृद्ध स्तनपायी वंशावलियों में से हैं। यह शायद उनके शरीर के छोटे आकार और उनकी उच्च प्रजनन दरों का परिणाम है। इसके साथ ही, किन्हीं खास ऐतिहासिक कारकों के परिणामस्वरूप भी कुछ समूहों में तेज विकास और स्पीशिएशन (अलग प्रजातियों का बनना) घटित हुआ हो सकता है। उदाहरण के लिए, ऐसा माना जाता है कि ओलिगोसीन (आदिनूतन युग - 350 लाख साल पहले) में चारागाहों के प्रसार के फलस्वरूप ऊँचे खूँट के दाँतों वाली (हिप्सोडोंटी) प्रजातियों का विकास हुआ और हिप्सोडोंटी दर्शाने वाले जानवरों की विविधता में भी वृद्धि हुई।

इस प्रकार विकासात्मक घटनाओं के क्रम (फाइलोजिनीज) न केवल सम्बन्धों को पुनर्निर्मित करने में हमारी मदद करते हैं, बल्कि वे हमें उन प्रक्रियाओं की खोजबीन करने की सुविधा भी देते हैं जिनके द्वारा जैव विविधता का संचय होता है। **चित्र 4** में, हम देख सकते हैं कि कुछ क्लेड अन्य क्लेडों की अपेक्षा अधिक विविधतापूर्ण (ज्यादा प्रजातियों वाले) होते हैं और कुछ क्लेड अन्य क्लेडों की तुलना में काफी कम आयु वाले होते हैं। विविधता निर्मित होने की प्रक्रियाओं (स्पीशिएशन अर्थात नई प्रजातियों के बनने तथा एक्सटिंक्शन अर्थात प्रजातियों के विलुप्त होने) की दरों में स्थानिक तथा सामयिक अन्तरों का अध्ययन करने से हमें यह समझने में मदद मिलती है कि जैव विविधता किस प्रकार विकसित होती है। हालाँकि, हमने

अभी भी पृथ्वी पर जीवन के बहुसंख्यक रूपों के विकासात्मक इतिहास का खाका नहीं बनाया है, परन्तु वंशाणुओं के समूह सम्बन्धी जानकारियों में हुई विस्फोटात्मक प्रगति ने अब हमें विविधता को खोज निकालने और उसका मूल्यांकन करने की बहुत अधिक शक्ति प्रदान की है। अब एक समय पर केवल कुछ वंशाणुओं पर ध्यान केन्द्रित करने के बजाय, हम किसी प्रजाति के लगभग पूरे वंशाणु समूह को ही देख सकते हैं। यह हमें प्रजातियों के आनुवांशिक इतिहास की खोजबीन करने की अभूतपूर्व पहुँच देता है, क्योंकि यह हमें उन ऐतिहासिक कारकों को खोज निकालने की सुविधा देता है जो किसी प्रजाति या उसके सदस्य को, अतीत से लेकर वर्तमान तक के समय के सभी पैमानों पर, आकार देते हैं। अब ऐसी जानकारियों से फाइलोजिनीज निर्मित करने की विभिन्न प्रकार की विधियाँ विकसित की जा रही हैं, हालाँकि वे अभी अपने शैशवकाल में ही हैं।

प्रजातियों के भीतर के पैटर्नों के बारे में क्या कहा जा सकता है?

भारत में कहीं भी किसी बस डिपो पर खड़े हो जाइए, आप लोगों की विविधता देख सकते हैं। वैश्विक विविधता के लिए भारत एक लघु रूप प्रस्तुत करता है। पूरे संसार को लें तो उसमें मनुष्य जाति के भीतर - बाल, त्वचा के रंग, चेहरे का ढाँचा तथा शरीर संरचना के अन्य हिस्सों की दृष्टि से - जबर्दस्त विविधता मौजूद है। किन्तु हम ठीक-ठीक अर्थों में कितने अलग-अलग या विविधतापूर्ण हैं।

ऊपर से बहुत साफ नजर आने वाली शरीर की संरचनात्मक विविधता के बावजूद, विभिन्न आबादियों के बीच में मनुष्यों में चिम्पांजियों की तुलना में बहुत कम आनुवांशिक विविधता पाई जाती है! परन्तु, मनुष्यों की आबादियों के आनुवांशिक परिवर्तनों में कुछ स्पष्ट भौगोलिक पैटर्न पाए जाते हैं। **यह अध्ययन कि किसी प्रजाति के भीतर (और घनिष्ठ रूप से**

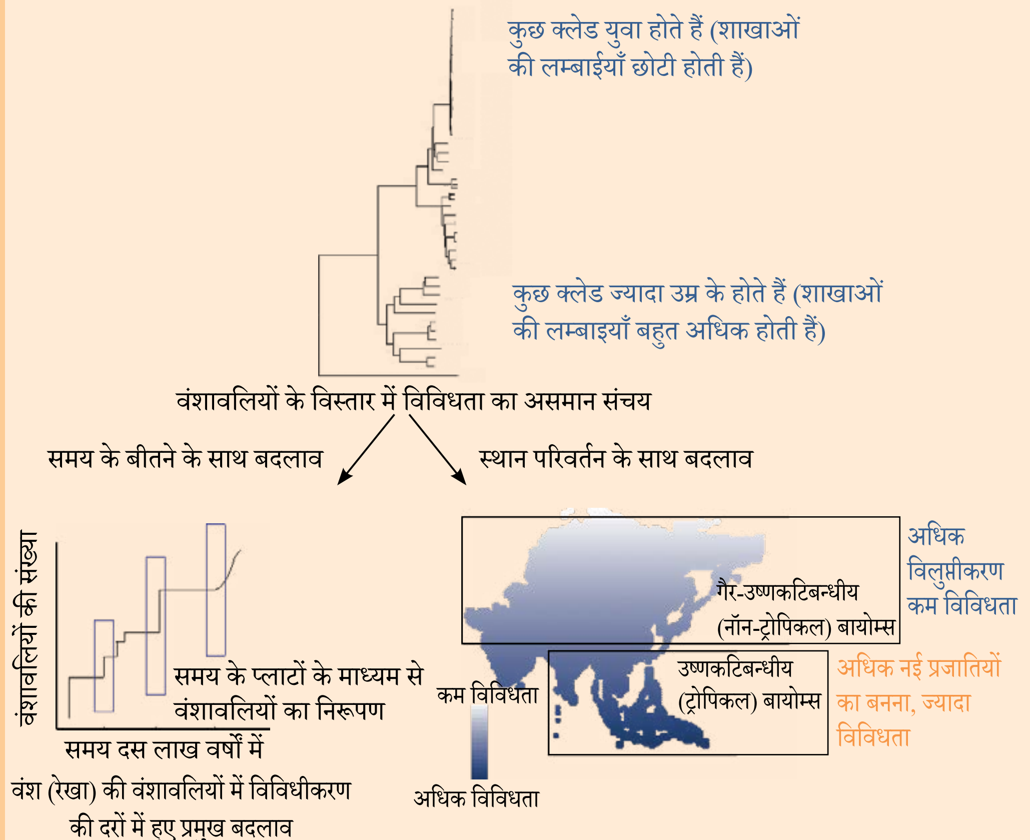
फाइलोजिनीज का उपयोग करते हुए पृथ्वी पर जीवन के इतिहास को पुनर्निर्मित करना

विविधता अन्ततः नई प्रजाति के बनने और विलुप्त होने के द्वारा निर्धारित होती है। सभी क्लेडों में नई प्रजाति के बनने और विलुप्त होने की दरें एक समान नहीं होतीं।

नई प्रजाति के बनने और विलुप्त होने की दरें स्थान और समय के विस्तृत दायरे में भी बदलती हैं, और ये मिलकर निर्धारित करते हैं कि प्रजातियों की विविधता किस प्रकार संचित होती है।

कभी-कभी समय बीतने के साथ दरें परिवर्तित होती हैं, और कुछ कालों में प्रजातियों की संख्या में घातांकी (एक्सपोनेंशियल या अत्यधिक गुना) वृद्धि होती है। इसे समय के प्लाट (ग्राफ) के माध्यम से किसी वंशावली में देखा जा सकता है।

कभी-कभी कुछ क्षेत्रों का सम्बन्ध अधिक नई प्रजातियों के बनने की दरों से होता है जिसके परिणामस्वरूप ज्यादा विविधता पैदा होती है। उदाहरण के लिए, उष्णकटिबन्धीय क्षेत्रों में।



चित्र 4 : हम फाइलोजिनीज का उपयोग करके पृथ्वी पर जीवन के इतिहास को पुनर्निर्मित कर सकते हैं।

सम्बन्धित प्रजातियों के दायरे में) आनुवांशिक परिवर्तन किस तरह से भौगोलिक स्थान के विस्तार में खण्डों में बँटा रहता है, फाइलोजियोग्राफी के क्षेत्र का मुख्य केन्द्रीय विषय होता है। विभिन्न आबादियों के बीच इस आनुवांशिक विविधता की तुलना हमें इन आबादियों के बारे में अनोखी अन्तर्दृष्टियाँ प्रदान करती है।

उदाहरण के लिए, विभिन्न मानव आबादियों की आनुवांशिक विविधता की तुलना दर्शाती है कि अफ्रीकी आबादियाँ न केवल सबसे अधिक आनुवांशिक विविधता वाली हैं, बल्कि सभी अन्य मानव आबादियों की आनुवांशिक विविधता का समूह भी इस अफ्रीकी विविधता का उप-समूह है। इसके परिणामस्वरूप हम इस निष्कर्ष पर पहुँचे हैं कि शरीर रचना की दृष्टि से आधुनिक मनुष्य (*होमो सेपियंस*) की उत्पत्ति अफ्रीका में हुई, और फिर उसने वहाँ से फैलते हुए शेष संसार में बस्तियाँ बसाईं। यह ऐतिहासिक फैलाव (और उसके बाद में हुए सभी विस्तार) आनुवांशिक विविधता के भौगोलिक वितरण के पैटर्नों में दर्ज हैं। और यह केवल स्थानान्तरणों (माइग्रेशन्स) की ही बात नहीं है - हमारे इतिहास की हर आबादी-सम्बन्धी घटना, चाहे वह आबादी का बढ़ना या कम होना हो, ने हमारी आनुवांशिक विविधता पर अपनी छाप छोड़ी है। जैसा कि आप देख सकते हैं, आनुवांशिक विविधता के खण्डों में बँटने के आधार पर बहुत कुछ कहा जा सकता है!

एक अन्य उदाहरण में, हाल के एक अध्ययन ने दक्षिणी, पश्चिमी और मध्य भारत में बाघों की विभिन्न आबादियों की आनुवांशिक विविधता का अनुमान लगाने का प्रयास किया। संसार में जंगली बाघों की सबसे अधिक संख्या भारत में ही है, जो अब देश भर के जंगलों के कुछ विशेष क्षेत्रों तक सीमित कर दी गई है। साझी और अनोखी आनुवांशिक विविधता के विश्लेषण के आधार पर, वैज्ञानिकों ने भारत की विभिन्न बाघ आबादियों के बीच में हुए वंशाणु प्रवाह का परिमाणीकरण करने में सफलता पाई (यह आबादियों के विस्तृत दायरे में माइग्रेशन या सदस्यों के स्थानान्तरण का अध्ययन करने की एवजी तरकीब थी)। साथ ही वे यह पता लगा सके कि क्या प्रत्येक आबादी के डेमोग्राफिक इतिहासों में कोई परिवर्तन हुआ था या नहीं। इस अध्ययन ने दर्शाया कि दूर नहीं बल्कि सिर्फ 200 साल पहले बाघों की आबादी में कमी आई थी (शायद यह ब्रिटिश राज के दौरान इनाम के लिए बाघों के शिकार के चलन के कारण हुई हो)। इस प्रकार, फाइलोजिनी की ही तरह से, हम आबादियों में होने वाली घटनाओं (आबादी की वृद्धि या उसका तेजी से कम हो जाना अर्थात क्रैश होना आदि) के समय का भी अनुमान लगा सकते हैं।

अतीत की घटनाओं का हम जिस विश्वास के साथ अनुमान लगा सकते हैं उसे साथ-साथ बढ़ने के सिद्धान्त (coalescent theory) के विकास से खास तौर पर सहारा

वंशाणु प्रवाह (Gene flow) : जब किन्हीं आबादियों के बीच में व्यक्तिगत इकाइयों का स्थानान्तरण (माइग्रेशन) होता है, तो वे अपने साथ किसी ऐसे आनुवांशिक भेद, जो उनकी आबादी में अनोखा हो सकता है, को भी अपने साथ नई आबादी में ले जाते हैं। इस तरह स्थानान्तरण के परिणामस्वरूप आनुवांशिक भेदों का मिश्रण होता है, और यह आबादियों को बहुत भिन्न होने से रोकता है। इसलिए इसे वंशाणु प्रवाह कहते हैं।

ऐलेलेस : किसी वंशाणु के भेदों वाले स्वरूप। प्रत्येक मनुष्य में प्रत्येक वंशाणु दो प्रतिलिपियों में होता है। यदि दोनों प्रतिलिपियाँ हूबहू एक-सी होती हैं, तब वह व्यक्ति होमोजिगस होता है, और यदि वे भिन्न होती हैं तो वह हेटरोजिगस होता है। किसी भी व्यक्ति में वंशाणु के केवल दो ऐलेले तक ही हो सकते हैं, जबकि किसी आबादी में बहु-ऐलेले हो सकते हैं।

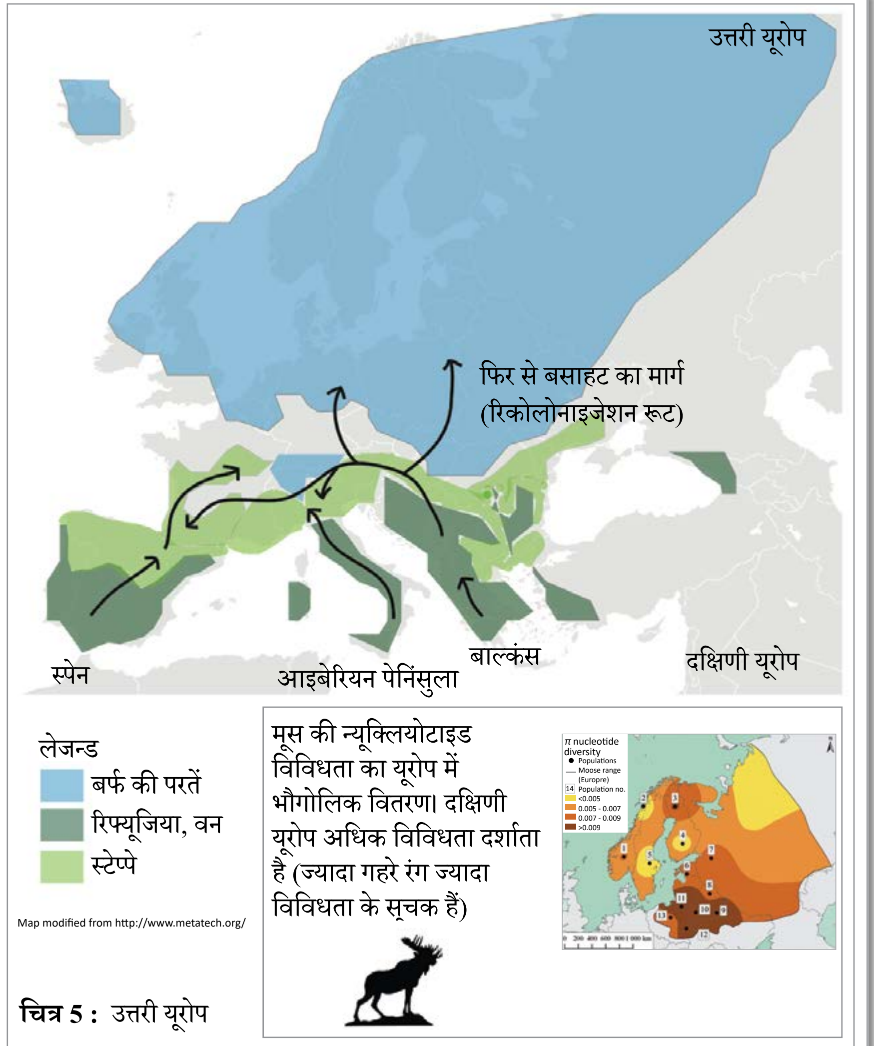
मिटोकोण्ड्रियल डी.एन.ए. : मिटोकोण्ड्रियन एक कोशाणु का अंग (ऑरगेनेल) होता है जो यूकार्योटिक कोशाणु के भीतर पाया जाता है। इनके अपने खुद के छोटे वंशाणु समूह होते हैं जो कुछ ऐसे प्रोटीनों के लिए कूटलेखन (कोड) करते हैं जिनका उपयोग मिटोकोण्ड्रियन के भीतर होता है। यह डी.एन.ए. मिटोकोण्ड्रियल डी.एन.ए. कहलाता है, और यह केवल स्त्री या माँ के माध्यम से ही विरासत में प्राप्त किया जाता है (क्योंकि वीर्य या स्पर्म में तब मिटोकोण्ड्रिया नहीं होता जब वह अण्डे या एग के साथ जुड़ता है)।

साइटोक्रोम बी : एक ऐसा वंशाणु जो मिटोकोण्ड्रियल वंशाणु समूह में स्थित होता है, और वह एक ऐसे प्रोटीन के लिए कूटलेखन करता है जो कि आक्सीजन की उपस्थिति वाले मार्ग (ऑक्सीडेटिव पाथवे) का महत्वपूर्ण हिस्सा होता है।

सिंगल न्यूक्लियोटाइड पोलीमोरफिज्म्स (एसएनपी'एस) : दो व्यक्तियों के बीच में न्यूक्लियोटाइडों में प्रत्येक अन्तर एक एसएनपी होता है। यह किन्हीं भी दो वंशाणु समूहों के बीच में सबसे आम तरह का अन्तर होता है।

यूरोप में फाइलोजेनेटिक पैटर्न

बीते हुए 24 लाख वर्षों में, समशीतोष्ण क्षेत्र के अधिकांश हिस्से में बर्फ की मोटी परतों में नियमित दरों पर विस्तार या सिकुड़ना घटित होता रहा है, जिसके परिणामस्वरूप जैविक सम्पदा का वितरण भी वैश्विक स्तर पर प्रभावित होता रहा है। विशेष रूप से यूरोप में, बर्फ की परतों ने उत्तरी महाद्वीपों के अधिकांश भाग को आच्छादित किया हुआ था। इसके फलस्वरूप प्रजातियाँ दक्षिण के गैर-बर्फीले क्षेत्रों तक ही सीमित रहीं, और वे बाद में उत्तरी यूरोप में तब बस पाईं जब बर्फ की परतें पिघल गईं। इसका अनुमान सारे यूरोप में, आबादियों के वंशाणु समूहों और आनुवांशिक विविधताओं का अध्ययन करके लगाया गया। इस अध्ययन में उत्तरी यूरोप की तुलना में, आइबेरियन पेनिंसुला, स्पेन और बाल्कंस क्षेत्रों में विशेष रूप से अधिक आनुवांशिक विविधता पाई गई। यह सुझाता है कि इनमें से अनेक प्रजातियों के लिए दक्षिणी यूरोप ने बर्फ से शरण पाने के स्थलों की तरह काम किया (**चित्र 5**)। इस प्रकार, भौगोलिक दायरे और आबादियों के सिकुड़ने और फैलने के प्रजातियों की विभिन्न आबादियों की आनुवांशिक विविधता के लिए बहुत से परिणाम हुए।



चित्र 5 : उत्तरी यूरोप

मिला है। यह सिद्धान्त किसी आबादी में समसामयिक ऐलेने आवृत्तियों (distribution of alleles) का उस आबादी के जनसांख्यिकीय इतिहास से सम्बन्ध स्थापित करती है, और इसे 'आनुवांशिक वंशावलियों (gene-genealogies)' को निर्मित करने के लिए इस्तेमाल किया जाता है। एक सरल उपमा दें तो, ये आनुवांशिक वंशावलियाँ पारिवारिक इतिहासों तथा पशुओं की नस्लों के विवरण जैसे होती हैं, सिवाय इसके कि ये वंशाणुओं तथा ऐलेलेस के पैमाने पर होते हैं। कई तरह से, यह उसके ही समानान्तर प्रक्रिया है जिस तरह से फाइलोजेनेटिक्स काम करती है, सिवाय इसके कि आनुवांशिक वंशावलियाँ केवल उन ऐलेले आवृत्तियों तक सीमित रहती हैं जो आबादी में वृद्धि या कमी से प्रभावित होती हैं। किसी आबादी में ऐलेलेस के इतिहास का मानचित्रीकरण करके, हम अन्य बातों के साथ ही यह भी समझ सकते हैं कि समय बीतने के साथ आबादियाँ उनके आकार में बढ़त या घटत दर्शाती हैं या नहीं।

प्रजातियों के डेमोग्राफिक (आबादी की वृद्धि और कमी सम्बन्धी) इतिहास तथा स्थानान्तरण के पैटर्नों का अध्ययन प्रारम्भ में साइटोक्रोम बी या मिटोकोण्ड्रियल डी.एन.ए. हैपोलाइट्स (विभिन्न डी.एन.ए. भेदों का एक समूह जिसकी प्रवृत्ति विरासत में एक साथ मिलने की होती है) के भौगोलिक वितरण के माध्यम से किया गया। ये प्रारम्भिक अध्ययन वंशाणु समूह के छोटे-छोटे हिस्सों को लक्ष्य बनाने वाले एक या कुछ आणविक चिन्हकों (molecular markers) पर आधारित थे। इससे वह स्पष्टता और बारीक जानकारियाँ सीमित हो जाती थीं जिनके उपलब्ध होने पर हम आबादी का छोटे खण्डों में बँटना और वंशाणु प्रवाह को समझ सकते थे। इसके अलावा, एक महत्त्वपूर्ण वंशाणु होने के कारण, साइटोक्रोम बी, आनुवांशिक परिवर्तनों की कम दरें दर्शाता है। बाद में, अनेक अन्य पथों के आधार पर, माइक्रोसैटेलाइट (आणविक) डाटा के इस्तेमाल ने इन पैटर्नों को पहचानने के लिए ज्यादा शक्तिशाली तरीके प्रदान किए। माइक्रोसैटेलाइट्स, वंशाणु समूह के ऐसे क्षेत्र होते हैं जो न्यूक्लियोटाइड इकाइयों के दोहराए जाने की विशेषता

बहुत हद तक दर्शाते हैं। अपने आणुवांशिक संघटन के कारण, साइटोक्रोम बी या अन्य वंशाणुओं की तुलना में, उनकी प्रवृत्ति बहुत ज्यादा दरों पर आणुवांशिक परिवर्तनों को करने की होती है। इससे उनको अपेक्षाकृत कम अवधियों में तेजी से आनुवांशिक परिवर्तनों का संचय करने की सुविधा मिल जाती है, और उससे हमें भी ज्यादा हाल ही में हुए आबादियों के तथा डेमोग्राफिक पैटर्नों की एक झलक मिल जाती है। आज, आनुवांशिक विधियों में हुई प्रगतियों, खास तौर पर जिनका सम्बन्ध जीनोमिक डाटा और उसके विश्लेषणों से है (जिसमें single nucleotide polymorphisms शामिल है), की बदौलत हमारे पास डैमोग्राफिक इतिहास को देख पाने की ज्यादा शक्ति मौजूद है। जीनोमिक डाटा के उपलब्ध होने से हम वंशाणु समूह के कहीं ज्यादा हिस्सों तक पहुँच सकते हैं और अपेक्षाकृत ज्यादा हाल ही में हुई घटनाओं के हस्ताक्षरों को प्राप्त कर सकते हैं। इतना ही नहीं, क्रम निर्धारित करने (सीक्वेंसिंग) की लागतों के कम हो जाने तथा कम्प्यूटिंग तकनीकों में हुई प्रगतियों के कारण जेनेटिक डाटा तक हमारी पहुँच भी बहुत बढ़ गई है।

निष्कर्ष

डी.एन.ए. इतिहास का एक उत्कृष्ट कोष है। वंशावलियों और आबादियों के इस इतिहास को पढ़ने और उसकी व्याख्या करने में फाइलोजेनिटिक्स तथा फाइलोजियोग्राफी हमारी सहायता करती हैं। दूसरे शब्दों में वे हमें प्राकृतिक इतिहास के 'इतिहास' के टुकड़ों को इकट्ठा करके पुनर्निर्मित करने में हमारी मदद करती हैं। परन्तु, हम समय में पीछे लौटकर वास्तव में अपने पूर्वजों को नहीं देख सकते, और न ही जिन फाइलोजेनेटिक ट्रीज को हम बनाते हैं या जिन डेमोग्राफिक इतिहासों को हम निर्मित करते हैं, उनकी हम पुष्टि कर सकते हैं। इसलिए, प्रत्येक फाइलोजेनेटिक ट्री तथा आनुवांशिक वंशावलियों को टैक्सा और शाखाओं के बँटने के पैटर्न के बीच के सम्बन्धों के बारे में एक परिकल्पना की तरह ही देखा जाता है। यही कारण है कि फाइलोजेनेटिक ट्रीज में बेहतर या और नई जानकारियों के फलस्वरूप परिवर्तन हो सकते हैं।

आज, हमें उपलब्ध जेनेटिक उपकरणों ने हमें वंशावलियों, प्रजातियों तथा आबादियों के इतिहास के बारे में अभूतपूर्व पहुँच और समझ प्रदान की है। डी.एन.ए. पर आधारित फाइलोजेनेटिक तथा फाइलोजियोग्राफिक पद्धतियों ने प्राकृतिक संसार के बारे में तथा जो प्रक्रियाएँ प्राकृतिक पैटर्नों को पैदा करती हैं उनके बारे में हमारी समझ में क्रान्ति ला दी है। जहाँ बहुत कुछ हमारे लिए अभी भी अज्ञात है, वहीं बेहतर तकनीकों के चलते हम और अधिक जान सकने की आशा कर सकते हैं!

References

1. Gregory, R.T. (2008). Understanding evolutionary trees. *Evo Edu Outreach*, 1, 121-137
2. Rolland, J. (2014). Faster speciation and reduced extinction in the tropics contribute to the mammalian latitudinal diversity gradient. *Plos Biology*
3. Hickerson MJ et al. (2010). Phylogeography's past, present and future: 10 years after Avise, 2000. *Mol Phylogenet Evol*, 54(1): 291-301.
4. Hewitt, G. (2000). The genetic legacy of the quaternary ice ages. *Nature*, 405
5. Henn, B et al. (2015). Distance from sub-Saharan Africa predicts mutational load in diverse human genomes. *PNAS*
6. Mondol, S et al. (2013). Demographic loss, genetic structure and conservation implications for Indian tigers. *Proceedings of the Royal Society B*.
7. Understanding Evolution. (2016). University of California Museum of Paleontology. 22 December 2015 <http://evolution.berkeley.edu/>
8. Maddison, D. R. and K.-S. Schulz (eds.). (2007). The Tree of Life Web Project. Internet address: http://tolweb.org
9. Baldauf, SL. (2003). Phylogeny for the faint of heart: a tutorial. *Trends in Genetics*, 19(6), 345-51.

कृष्णप्रिया तम्मा ने नेशनल सेंटर फॉर बायोलोजिकल साइंसेज, टीआईएफआर बेंगलूरु से अपनी पीएच.डी. पूरी की। उनकी दिलचस्पी प्रजातियों के वितरणों के बड़े पैमाने पर हुए पैटर्नों में तथा उनको प्रभावित करने वाले कारकों में है। उनकी पीएच.डी. का कार्य हिमालय के क्षेत्रों में छोटे स्तनपाइयों के बायोजियोग्राफिक पैटर्नों की पड़ताल करने पर केन्द्रित था। उनसे priya.tamma@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** सत्येन्द्र त्रिपाठी

Published by Azim Premji Foundation for Development, Pixel 'B', PES college of Engineering Campus, Electronics City, Bengaluru - 560100
Printed by SCPL, Bengaluru - 560062. Editor: Ramgopal Vallath


ग्रेट ऐगफ्लाई मेल
(हाईपोलिमनास बोलिना)

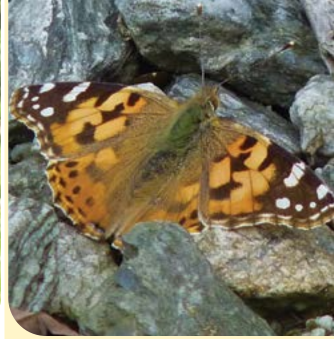

डानैड ऐगफ्लाई मेल
(हाईपोलिमनास मिसिप्पस)


चाकलेट पैन्सी
(जुनोनिया इफिटा)


लेमन पैन्सी
(जुनोनिया लैमनियास)


ब्लू पैन्सी
(जुनोनिया ओरिथ्या)


यलो पैन्सी मेल एंड फीमेल
(जुनोनिया हियरटा)


पेंटेड लेडी
(वैनेसा कार्डुई)


कॉमन मेस
(क्राइस्टिस थायोडामस)


कॉमन स्पॉटेड फ्लैट
(कैलोनोरिनस ल्यूकोसेरा)


कॉमन बैंडेड डीमन
(नोटोक्रिप्टा पैरालाईसोस)


कॉमन फाइव रिंग
(यप्थिमा बाल्डस मदरासा)


ग्लैड आई बुशब्राउन
(माइकैलेसिस पैटनिया)


कॉमन ईवनिंग ब्राउन
(मेलानाइटिस लेडा)


कॉमन बैरन
(यूथेलिया ऐकोन्थिय गरुडा)


कॉमन सेलर
(नैप्टिस हीलास)


कॉमन लियोपर्ड
(फैलेंटा फैलेंथा)


कॉमन जेस्टर
(सिम्ब्रेंथिया लिलेइया)


कॉमन लास्कर
(पैंटोपोरिया होर्डोनिया)


कॉमन कास्टर
(एरियाडेन मेरिओन)

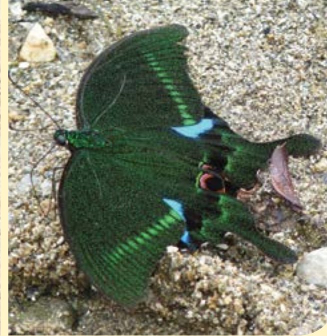

इंडियन स्किपर
(स्पीएलिया गल्बा)



‘वह कौन-सी तितली है’, क्या हम अक्सर इस बारे में नहीं सोचते? यह पैम्फलेट ऐसी कुछ तितलियों की पहचान कराता है जिनको आपके द्वारा भारत के विभिन्न भागों में देखे जाने की सम्भावना है। आप इनमें से प्रत्येक के बारे में और जानकारी *आई वंडर* के जून 2016 में प्रकाशित अंक के तितलियों के बारे में दिए गए लेख में पढ़ सकते हैं।

पहले सात चित्र पैपीलायोनिड्स या स्वालोटेल्स के हैं, जिनके बाद चार पाईरिड्स या व्हाइट्स तथा यलोज के हैं, और पाँच लाइसेनिड्स या ब्लूज के हैं। इनके बाद अनेक निम्फैलिड्स या ब्रश जैसे पैरों वाली तितलियों के चित्र हैं, फिर आखिरी तीन हैस्पैरिड्स या स्किपर्स के हैं।


मलाबार रेवन
(पापिलियो द्रविडेरम)


पेरिस पीकॉक
(पापिलियो पेरिस)


कॉमन लाइम
(पापिलियो डेमोलियस)


यलो ऑरेंज टिप
(लेक्सिअस पाईरीन)


कॉमन गल
(सेपोरा नेरीसा)


लॉन्ग बैंडेड सिल्वरलाइन
(स्पिनडैसिस लोहिता)


फॉरगेट-मी-नॉट
(कैटोक्रिसॉप्स स्ट्राबो)


प्लेन टाइगर
(डानौस चेरीसिप्पस)


स्ट्राइप्ड टाइगर
(डानौस जैनोसिया)


ग्लासी टाइगर
(पैरेंटिका ऐग्लिया)


क्रिमसन रोज
(पाकलियोप्टा हैक्टर)


कॉमन रोज
(पाकलियोप्टा अरिस्टोलोकियाई)


कॉमन मोरमन
(पापिलियो पोलीटेस)


कॉमन ब्लूबॉटल
(ग्राफियम सरपेडोन)


इण्डियन जेजेबील
(डेलियास यूकेरिस)


पायोनियर
(बेलेनोइज औरोटा)


फ्लफी टिट
(जेल्टस अमासा)


कॉमन पियरोट
(कास्टालियस रोजीमोन)


पंचीनीलो
(जेमेरोस फ्लेग्यास)


टविनी कोस्टर
(एकेरिया ट्रेप्सकोर)


ब्लू टाइगर
(तिरुमाला लिमनिएस)


कॉमन क्रो
(यूप्लोइया कोर)

सृष्टि के स्तम्भों से उत्पन्न हुए नए तारे

एक नजारा
नासा हबल स्पेश
टेलिस्कोप से

183996

हमारे आस-पास की दुनिया की उत्पत्ति कैसे हुई ? जानने के लिए *आई वंडर* का अगला अंक पढ़ें।